



**SCRIPT**

**UTILIZATION OF WATERMELON RIND  
EXTRACT AS A CORROSION INHIBITOR  
FOR TINPLATE IN 2% NaCl MEDIUM**

**FITRIA RATNASARI  
NRP. 1412 100 066**

**Supervisor I  
Dra. Harmami, MS**

**Supervisor II  
Dra. Ita Ulfan, M.Si**

**CHEMISTRY DEPARTMENT  
FACULTY OF MATHEMATICS AND NATURAL SCIENCES  
SEPULUH NOPEMBER INSTITUTE OF TECHNOLOGY  
SURABAYA  
2016**



**SKRIPSI**

**PEMANFAATAN EKSTRAK KULIT DALAM  
SEMANGKA SEBAGAI INHIBITOR KOROSI  
*TINPLATE* DALAM MEDIA 2% NaCl**

**FITRIA RATNASARI  
NRP. 1412 100 066**

**Dosen Pembimbing I  
Dra. Harmami, M.S**

**Dosen Pembimbing II  
Dra. Ita Ulfan, M.Si**

**JURUSAN KIMIA  
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
SURABAYA  
2016**

## LEMBAR PENGESAHAN

### PEMANFAATAN EKSTRAK KULIT DALAM SEMANGKA SEBAGAI INHIBITOR KOROSI *TINPLATE* DALAM MEDIA 2% NaCl

#### SKRIPSI

Disusun Oleh :

**FITRIA RATNASARI**  
**NRP. 1412 100 066**

Surabaya, 28 Januari 2016

Menyetujui,

Dosen Pembimbing I,



**Dra. Harmami, MS**  
**NIP. 19611216 198803 2 002**

Dosen Pembimbing II,



**Dra. Ita Ulfin, M.Si**  
**NIP. 19650426 198903 2 002**

Mengetahui,  
Ketua Jurusan Kimia



**Prof. Dr. Didik Prasetyoko, S.Si., M.Sc.**  
**NIP. 19710616 199703 1 002**

## DAFTAR ISI

|  |      |
|--|------|
| HALAMAN JUDUL.....   | i    |
| LEMBAR PENGESAHAN.....                                       | iv   |
| ABSTRAK.....   | v    |
| ABSTRACT.....  | vi   |
| KATA PENGANTAR.....  | viii |
| DAFTAR ISI.....  | ix   |
| DAFTAR GAMBAR.....   | xi   |
| DAFTAR TABEL.....  | xiii |
| DAFTAR LAMPIRAN.....   | xiv  |
| BAB I PENDAHULUAN.....                                       | 1    |
| 1.1 Latar Belakang.....                                      | 1    |
| 1.2 Rumusan Masalah.....                                     | 3    |
| 1.3 Tujuan Penelitian.....                                   | 3    |
| 1.4 Batasan Penelitian.....                                  | 3    |
| BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....                                 | 5    |
| 2.1 <i>Tinplate</i> .....                                    | 5    |
| 2.2 Korosi.....  | 6    |
| 2.2.3 Pengertian Korosi.....                                 | 6    |
| 2.2.2 Termodinamika Korosi.....                              | 9    |
| 2.2.3 Kinetika Korosi.....                                   | 11   |
| 2.2.4 Perlindungan Logam dari Korosi.....                    | 12   |
| 2.2.4.1 Pemilihan Material.....                              | 12   |
| 2.2.4.2 Proteksi Katodik ( <i>Chatodic Protection</i> )..... | 12   |
| 2.2.4.3 Proteksi Anodik ( <i>Anodic Protection</i> )...      | 13   |
| 2.2.4.4 Pelapisan ( <i>Coating</i> ).....                    | 13   |
| 2.2.4.5 Penggunaan Inhibitor Korosi.....                     | 14   |
| 2.3 Metode Pengukuran Laju korosi.....                       | 16   |
| 2.3.1 Metode Pengurangan Berat.....                          | 16   |
| 2.3.2 Metode Polarisasi Potensiodinamik.....                 | 16   |
| 2.4 Inhibitor Ekstrak Kulit Dalam Semangka.....              | 18   |

|   |    |
|---|----|
| BAB III METODOLOGI PENELITIAN.....  | 21 |
| 3.1 Alat dan Bahan.....   | 21 |
| 3.1.1 Alat.....   | 21 |
| 3.1.2 Bahan.....  | 21 |
| 3.2 Prosedur Kerja.....   | 21 |
| 3.2.1 Preparasi Ekstrak Kulit Dalam Semangka.....                         | 21 |
| 3.2.2 Preparasi Spesimen <i>Tinplate</i> .....                            | 21 |
| 3.2.3 Preparasi Media Korosi 2% NaCl.....                                 | 22 |
| 3.2.4 Preparasi Media Korosi dengan Variasi<br>Konsentrasi Inhibitor..... | 22 |
| 3.2.5 Metode Pengurangan Berat.....                                       | 22 |
| 3.2.6 Metode Polarisasi Potensiodinamik.....                              | 23 |
| BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....  | 25 |
| 4.1 Hasil Pengujian dengan Metode Pengurangan<br>Berat.....               | 25 |
| 4.2 Hasil Pengujian dengan Metode Polarisasi<br>Potensiodinamik.....      | 27 |
| BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....   | 33 |
| 5.1 Kesimpulan .....  | 33 |
| 5.2 Saran.....  | 33 |
| DAFTAR PUSTAKA.....   | 35 |
| LAMPIRAN.....   | 43 |
| BIOGRAFI PENULIS.....   | 65 |



## DAFTAR TABEL

|           |   |    |
|-----------|---|----|
| Tabel 4.1 | Data metode Pengurangan berat pada <i>tinplate</i> dalam larutan 2% NaCl dengan adanya variasi konsentrasi ekstrak kulit dalam semangka selama 48 jam.....              | 25 |
| Tabel 4.2 | Hasil pengujian <i>tinplate</i> menggunakan metode polarisasi potensiodynamik dengan adanya variasi konsentrasi ekstrak kulit dalam semangka dalam larutan 2% NaCl..... | 29 |

## DAFTAR GAMBAR

|            |  |    |
|------------|--|----|
| Gambar 2.1 | Struktur baja karbon.....  | 5  |
| Gambar 2.2 | (a) Proses korosi awal <i>tinplate</i> (b) Proses korosi serius <i>tinplate</i> (Xia dkk, 2012).....   | 9  |
| Gambar 2.3 | Diagram Pourbaix timah pada keadaan standard pada suhu 25°C (Palazhchenko, 2012).....  | 11 |
| Gambar 2.4 | Ekstrapolasi Tafel (Mourya dkk, 2014).....   | 17 |
| Gambar 2.5 | Struktur kimia <i>citrulline</i> (Odewunmi dkk, 2014) .....  | 19 |
| Gambar 2.6 | Pola kenaikan nilai efisiensi inhibisi ekstrak kulit dalam semangka (RE) dan <i>L-citrulline</i> (CTL) dari metode pengurangan berat.....                            | 19 |
| Gambar 2.7 | Kurva polarisasi potensiodinamik pada baja lunak dalam 1 M HCl tanpa dan dengan adanya konsentrasi ekstrak kulit dalam semangka.....                                 | 20 |
| Gambar 4.1 | Grafik hubungan antara variasi konsentrasi inhibitor ekstrak kulit dalam semangka dengan laju reaksi dalam larutan 2% NaCl dari metode pengurangan berat.....        | 26 |
| Gambar 4.2 | Grafik hubungan antara variasi konsentrasi inhibitor ekstrak kulit dalam semangka dengan efisiensi inhibisi dalam larutan 2% NaCl dari metode pengurangan berat..... | 27 |
| Gambar 4.3 | Kurva polarisasi potensiodinamik <i>tinplate</i> dalam media 2% NaCl dengan  | 28 |

adanya variasi konsentrasi ekstrak kulit dalam semangka (WMRE).....

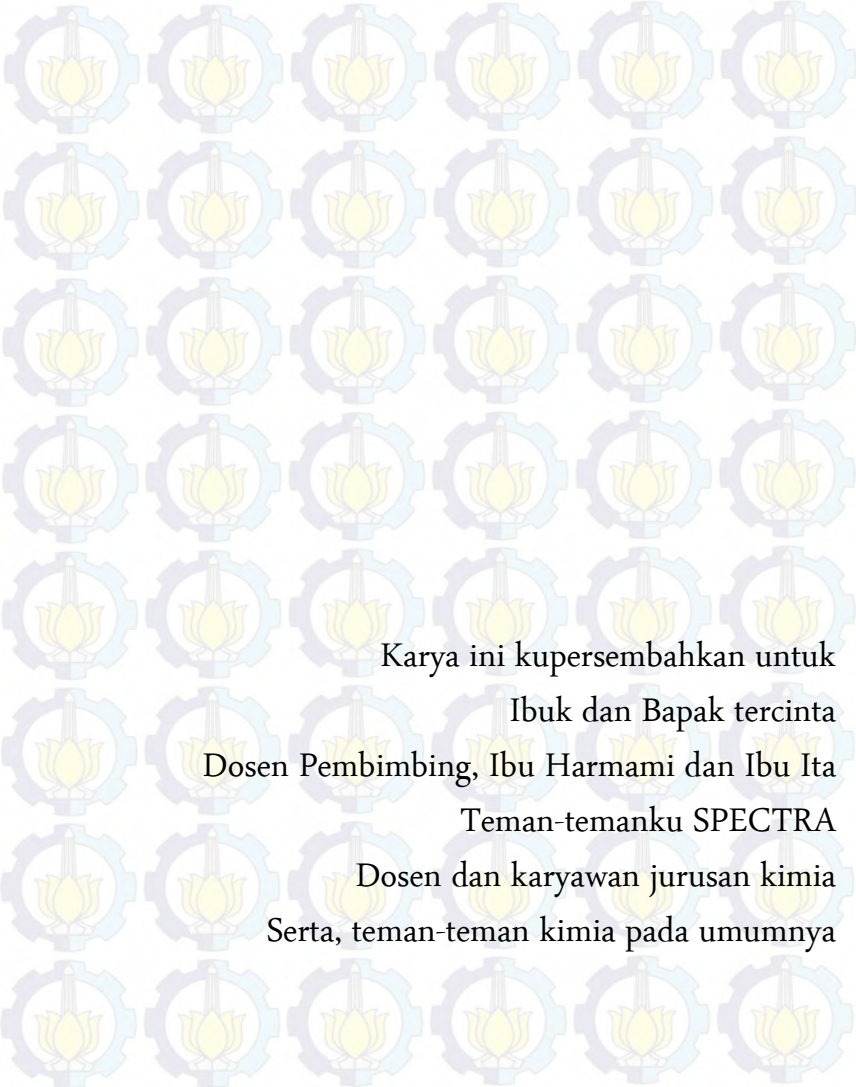
|            |  |    |
|------------|--|----|
| Gambar 4.4 | Grafik hubungan antara variasi konsentrasi inhibitor ekstrak kulit dalam semangka dengan laju reaksi dalam larutan 2% NaCl dari metode polarisasi potensiodinamik..... | 30 |
|------------|--|----|

|            |   |    |
|------------|---|----|
| Gambar 4.5 | Grafik hubungan antara variasi konsentrasi inhibitor ekstrak kulit dalam semangka dengan efisiensi inhibisi dalam larutan 2% NaCl dari metode polarisasi potensiodinamik..... | 30 |
|------------|---|----|



## DAFTAR LAMPIRAN

|            |                                     |    |
|------------|-------------------------------------|----|
| LAMPIRAN A | Skema Kerja.....                    | 53 |
| LAMPIRAN B | Pembuatan Larutan.....              | 55 |
| LAMPIRAN C | Data Pengurangan Berat.....         | 57 |
| LAMPIRAN D | Kurva Polarisasi Potensiodynamik..  | 61 |
| LAMPIRAN E | Data Polarisasi Potensiodynamik.... | 73 |
| LAMPIRAN F | Data Adsorpsi Isotermal.....        | 75 |



Karya ini kupersembahkan untuk  
Ibuk dan Bapak tercinta  
Dosen Pembimbing, Ibu Harmami dan Ibu Ita  
Teman-temanku SPECTRA  
Dosen dan karyawan jurusan kimia  
Serta, teman-teman kimia pada umumnya

## KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadiran Alloh SWT yang selalu melimpahkan rahmat dan karunia-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan dengan baik naskah skripsi yang berjudul **“Pemanfaatan Ekstrak Kulit Dalam Semangka sebagai Inhibitor Korosi *Tinplate* dalam Media 2% NaCl”**.

Tulisan ini tidak akan terwujud tanpa bantuan, dukungan, doa, serta dorongan semangat dari semua pihak. Sehingga penulis sangat berterima kasih kepada:

1. Dra. Harmami, M.S selaku Dosen Pembimbing yang telah memberikan pengarahan dan bimbingan selama proses penyelesaian skripsi ini.
2. Dra. Ita Ulfin M.Si selaku dosen pembimbing dua yang telah memberikan bimbingan, masukan dan nasehat selama proses penyelesaian skripsi.
3. Dr. Fahimah Martak, M.Si atas diskusi dan bimbingannya.
4. Dr. rer. nat. Fredy Kurniawan, M.Si selaku kepala Laboratorium Kimia Instrumen dan Sains Analitik yang telah memberikan izin untuk menggunakan laboratorium
5. Prof. Dr. Didik Prasetyoko, S.Si., M.Sc. selaku Ketua Jurusan Kimia atas fasilitas yang diberikan
6. Kedua orang tua dan sahabat yang selalu memberikan motivasi
7. Semua pihak yang telah membantu dalam proses penyelesaian skripsi.

Penulis menyadari bahwa penulisan naskah ini tidak lepas dari kekurangan, oleh karena itu penulis mengharapkan kritik dan saran yang membangun untuk dapat meningkatkan kualitas dan perbaikan. Semoga naskah ini dapat membantu penulis dan pembaca.

Surabaya, 28 Januari 2016

Penulis

## PEMANFAATAN EKSTRAK KULIT DALAM SEMANGKA SEBAGAI INHIBITOR KOROSI *TINPLATE* DALAM MEDIA 2% NaCl

Nama Mahasiswa : Fitria Ratnasari  
NRP : 1412 100 066  
Jurusan : Kimia FMIPA-ITS  
Pembimbing : Dra. Harmami, MS  
Dra. Ita Ulfen, M.Si

### ABSTRAK

Ekstrak dari kulit dalam semangka telah dipelajari sebagai inhibitor korosi pada *tinplate* dalam larutan 2% NaCl menggunakan metode pengurangan berat dan polarisasi potenciodinamik. Pada penelitian ini digunakan variasi konsentrasi ekstrak. Hasilnya memperlihatkan bahwa efisiensi inhibisi semakin meningkat dengan meningkatnya konsentrasi ekstrak, nilai maksimum sebesar 99,97% pada konsentrasi ekstrak kulit dalam semangka 600 mg/L yang didapat dari metode polarisasi potenciodinamik. Kedua metode yang telah dilakukan tersebut memberikan pola inhibisi yang sama.

**Kata kunci :** Ekstrak kulit dalam semangka; NaCl; *tinplate*



## **UTILIZATION OF WATERMELON RIND EXTRACT AS A CORROSION INHIBITOR FOR TINPLATE IN 2% NaCl MEDIUM**

**Nama Mahasiswa : Fitria Ratnasari**  
**NRP : 1412 100 066**  
**Jurusan : Kimia FMIPA-ITS**  
**Pembimbing : Dra. Harmami, MS**  
**Dra. Ita Ulfan, M.Si**

### **ABSTRACT**

The extract of watermelon rind has been studied as a corrosion inhibitor for tinplate in 2% NaCl solution using potentiodynamic polarization and weight loss methods. In this study used various concentration of extract. Results obtained show the efficiency increased with increase in concentration of extract, the maximum value of 99,97% at watermelon rind extract concentration 600 mg/L studied from potentiodynamic polarization. Both of these methods have been carried out giving the same pattern of inhibition.

**Key words :** NaCl; tinplate; watermelon rind extract



## BAB I PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Perkembangan dunia industri, seperti industri makanan, minuman, cat, lem, bahan kimia dan industri lainnya telah mendorong permintaan akan kemasan kaleng terutama jenis *tinplate*. Meskipun alternatif baru telah digunakan, misalnya penggunaan alumunium atau lembaran baja kromat sebagai bahan kemasan kaleng, *tinplate* masih digunakan secara luas lebih dari 80% khususnya sebagai pengemas makanan (Che, 2012). *Tinplate* (plat timah) merupakan lembaran tipis baja karbon rendah yang kedua sisinya dilapisi dengan timah murni. Plat ini memiliki ketebalan 0,15-0,5 mm dengan kandungan timah putih 1,0-1,2% dari total berat kalengnya. Kelebihan *tinplate* dibandingkan dengan bahan lainnya yaitu tampilannya mengkilap, kuat, mudah dibentuk, tahan terhadap korosi dan dapat dilas (Martins, 2012). Makanan kemasan kaleng mengandung jumlah garam yang relatif tinggi, misalnya pada saus cabai mengandung sodium 3,82 mg/gram hingga 9,03 mg/gram (Purawisastra, 2010). Adanya interaksi kaleng dengan makanan yang bersifat korosif ini menyebabkan kaleng jenis *tinplate* mudah terkorosi, mudah kehilangan integritas segel dan juga mengalami perubahan warna (Che, 2012). Kaleng *tinplate* biasanya disimpan lebih dari satu tahun yang memungkinkan terlarutnya kandungan timah secara lambat sehingga menimbulkan korosi dan membahayakan konsumennya (Nagase, 2003).

Korosi berasal dari kata “*corrode*” yang berarti perusakan logam atau pengkaratan logam akibat interaksi dengan lingkungannya. Pencegahan korosi dapat dilakukan dengan banyak cara seperti penggunaan anoda tumbal, dialiri arus tanding (*Impressed current*), pelapisan (*coating*), *painting* maupun penggunaan inhibitor korosi (Hakim, 2011). Proses korosi pada *tinplate* sangatlah kompleks karena strukturnya heterogen dan bertingkat (Martins, 2012). Adanya korosi pada kaleng *tinplate*

tersebut, maka diperlukan pencegahan salah satunya menggunakan inhibitor.

Inhibitor korosi adalah suatu zat yang apabila ditambahkan dalam konsentrasi kecil pada suatu lingkungan, efektif mengurangi laju korosi logam yang dikenainya (Acharya, 2013). Inhibitor korosi dapat berasal dari senyawa anorganik atau organik (Haryono, 2010). Beberapa penelitian tentang pencegahan korosi pada *tinplate* menggunakan inhibitor telah dilakukan, antara lain oleh Galić (1994) mengenai perilaku korosi *tin* dalam larutan NaCl (2 wt%) tanpa dan adanya penambahan 0,002 wt% nitrit dan nitrat. Hasil penelitian menunjukkan bahwa dengan adanya peningkatan suhu, efisiensi inhibisi nitrit dan nitrat sebagai inhibitor tidak memuaskan pada konsentrasi 0,002 wt% dan justru mempercepat terjadinya korosi, hal ini disebabkan konsentrasi inhibitor dalam media NaCl tidak cukup untuk mencapai keadaan pasif. Penelitian lain pada tahun 2002 oleh Arenas yaitu penggunaan Cerium untuk penghambatan korosi *tinplate* dalam media 3,56 wt % NaCl, hasilnya menunjukkan bahwa penambahan Cerium dari  $\text{CeCl}_3 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  dengan konsentrasi 1000 ppm diperoleh efisiensi perlindungan 96%. Sedangkan perilaku kitosan sebagai inhibitor kaleng *tinplate* dalam media 3% NaCl telah diteliti oleh Harmami (2015). Berdasarkan analisa dengan metode gravimetri dan polarisasi potensiodinamik, dihasilkan efisiensi inhibisi kitosan yang semakin meningkat seiring meningkatnya konsentrasi inhibitor dimana efisiensi maksimum 91,8% pada konsentrasi kitosan 50 mg/L. Diantara inhibitor yang telah disebutkan masing-masing memiliki kelemahan sehingga dibutuhkan inhibitor yang kelimpahannya banyak namun dapat menghambat laju korosi *tinplate*.

Salah satu inhibitor yang digunakan untuk penghambatan korosi *tinplate* adalah inhibitor ekstrak kulit dalam semangka. Beberapa penelitian tentang penggunaan ekstrak kulit dalam semangka sebagai inhibitor korosi telah dilakukan, seperti yang diteliti oleh Odewunmi (2014) yaitu sebagai inhibitor korosi baja lunak dalam media 1 M HCl dan 0,5 M  $\text{H}_2\text{SO}_4$ . Hasil analisa

menggunakan teknik polarisasi potensiodinamik, diketahui efisiensi penghambatan korosinya naik dengan adanya kenaikan konsentrasi ekstrak dan optimum pada konsentrasi ekstrak 1,5 g/L dalam media 1 M HCl dengan efisiensi inhibisi 80,71%. Penelitian lanjutan oleh Odewunmi (2015) menunjukkan bahwa ekstrak kulit dalam semangka (WMRE) dapat menghambat korosi baja lunak dalam larutan 1M HCl dengan efisiensi inhibisi 90,20 % pada konsentrasi WMRE 1000 ppm.

Pada penelitian ini diharapkan ekstrak kulit dalam semangka dapat berperan sebagai inhibitor korosi logam *tinplate* dalam media 2% NaCl.

## **1.2 Rumusan masalah**

Penggunaan *tinplate* sebagai kaleng makanan yang mengandung garam NaCl dapat menyebabkan terjadinya korosi, oleh karena itu perlu ditambahkan inhibitor. Dalam penelitian ini digunakan inhibitor dari ekstrak kulit dalam semangka, apakah dapat menghambat laju korosi *tinplate* dalam media 2% NaCl.

## **1.3 Tujuan Penelitian**

Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui efisiensi inhibisi ekstrak kulit dalam semangka terhadap laju korosi *tinplate* di dalam media 2% NaCl.

## **1.4 Batasan Penelitian**

Penelitian ini menggunakan *tinplate* (TP20) dalam media korosi 2% NaCl dengan variasi konsentrasi inhibitor (0, 25, 50, 75, 100, 250, 600, dan 1000) mg/L untuk metode pengurangan berat dan (0, 25, 50, 75, 100, 250, dan 600) mg/L untuk metode polarisasi potensiodinamik.



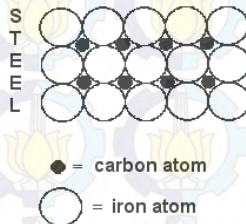
## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1 Tinplate

Timah atau *tin* merupakan unsur golongan IVA (grup 14) dalam tabel periodik, bersama dengan karbon, silikon, germanium. Dalam senyawa garam anorganik, timah memiliki tingkat oksidasi formal +2 dan +4. Keduanya memiliki sifat fisik dan kimia yang berbeda. Senyawaan timah (II) relatif lebih bersifat ionik daripada senyawa timah (IV), timah (II) tidak stabil dalam larutan aqua sehingga mudah teroksidasi menjadi timah (IV). Timah pada tingkat oksidasi +4 dapat membentuk tipe senyawaan garam anorganik dan atau tipe organotimah (Fajar, 2008). Potensial reduksi standard (SHE) untuk  $\text{Sn}^{4+}/\text{Sn}^{2+}$  yaitu +0,15 Volt dan  $\text{Sn}^{2+}/\text{Sn}$  yaitu -0,136 Volt (Jones, 1996).

Baja merupakan material yang memiliki unsur utama Fe dan C strukturnya seperti pada Gambar 2.1, yang bisa dipadukan dengan unsur lain seperti Cr, Ni, Ti dan unsur lainnya untuk mendapatkan sifat mekanik seperti yang diinginkan. Ada tiga kelompok baja bila ditinjau dari jumlah kandungan karbon yang terdapat dalam strukturnya, yaitu baja karbon tinggi, menengah dan rendah. Baja karbon rendah adalah baja dengan kandungan karbon 0,04%-0,30% (Schonmetz, 1985).



Gambar 2.1 Struktur atom baja karbon

*Tinplate* (plat timah) merupakan lembaran tipis baja karbon rendah yang kedua sisinya dilapisi dengan timah murni.

Plat ini memiliki ketebalan 0,15-0,5 mm dengan kandungan timah putih 1,0-1,2% dari total berat kalengnya (Sutrisno, 2013). Kandungan timah putih ini biasanya dinyatakan dengan TP yang diikuti dengan angka yang menunjukkan banyaknya timah putih, misalnya pada TP25 mengandung timah putih sebanyak 2.8 g/m<sup>2</sup>, TP50 = 5.6 g/m<sup>2</sup>, TP75 = 8.4 g/m<sup>2</sup> dan TP100 = 11.2 g/m<sup>2</sup>. *Tinplate* dibuat dengan dua teknik yaitu pencelupan dalam timah cair panas (*hotdipping*) atau dengan elektroplating. *Hotdipping* adalah proses pelapisan dengan mencelupkan lembaran baja ke dalam cairan timah panas. Teknik ini menghasilkan lapisan timah yang terlalu tebal, sedangkan dengan menggunakan elektroplating yaitu menggunakan larutan elektrolit yang dialiri listrik arus searah (DC) sehingga cara ini menghasilkan lapisan timah yang lebih tipis dan rata (Sutrisno, 2013).

Kelebihan *tinplate* dibandingkan dengan bahan lainnya yaitu tampilannya mengkilap, tahan terhadap korosi dan dapat dilas (Morgan, 1985). Tetapi *tinplate* memiliki kekurangan yaitu terjadi penyimpangan warna permukaan yang disebabkan oleh adanya reaksi antara *tinplate* dengan kandungan sulfur yang biasanya terdapat pada makanan, biasanya disebut dengan *sulphur staining/feathering* (terbentuknya noda sulfur pada permukaan *tin plate*) (Sutrisno, 2013).

## 2.2 Korosi

### 2.2.1 Pengertian Korosi

Korosi berasal dari kata "*corrode*" yang berarti merusakkan logam atau pengkaratan logam akibat interaksi dengan lingkungannya. Korosi merupakan suatu proses hilangnya material atau degradasi material baik secara kuantitas dan kualitas akibat adanya reaksi kimia dengan lingkungan (Hakim, 2011). Korosi mencakup interaksi logam maupun paduan logam dengan lingkungan (Shreir, 1994).

Pencegahan korosi dapat dilakukan dengan banyak cara seperti penggunaan anoda tumbal, dialiri arus tanding (*Impressed*



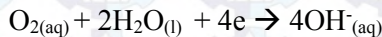
*current*), pelapisan (*coating*), *painting* maupun penggunaan inhibitor korosi (Hakim, 2011).

Terjadinya korosi (karat) disebabkan oleh reaksi logam dengan lingkungan sekitarnya. Reaksi korosi sebenarnya sudah bisa terjadi hanya dengan adanya air dan oksigen, namun adanya polutan udara seperti ion klorida, gas SO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>S, dan debu dapat menyebabkan tingkat korosivitas lingkungan tersebut akan semakin korosif karena konduktivitas sel elektrolit meningkat sehingga reaksi korosi akan berjalan dengan cepat dan kerusakan logam akan semakin parah. Contoh mekanisme korosi pada *tinplate* di dalam media NaCl dapat diperlihatkan sebagai berikut,

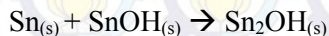
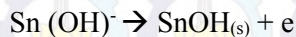
Reaksi anodik :



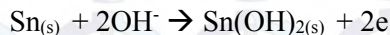
Reaksi katodik :



Oksida *tinplate* yang terbentuk ketika proses korosi mengikuti mekanisme berikut (Galić, 1994):

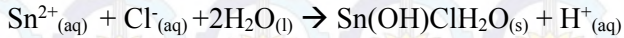


Tahapan awal pada korosi *tinplate* ini juga membentuk lapisan Sn(OH)<sub>2(s)</sub> atau SnO<sub>(s)</sub> dengan reaksi sebagai berikut,



Reaksi ini terjadi pada permukaan elektroda sehingga dapat teroksidasi lagi menjadi Sn(OH)<sub>4</sub> atau SnO<sub>2</sub> dan apabila ada

keterlibatan larutan klorida akan terbentuk lapisan putih (timah-oksida klorida) dengan reaksi,

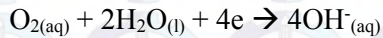


Selanjutnya, apabila terjadi korosi serius pada *tinplate*, maka korosi akan terjadi pada lapisan baja karbon (Fe) (Xia, 2012),

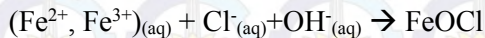
Reaksi anodik :



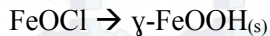
Reaksi katodik :



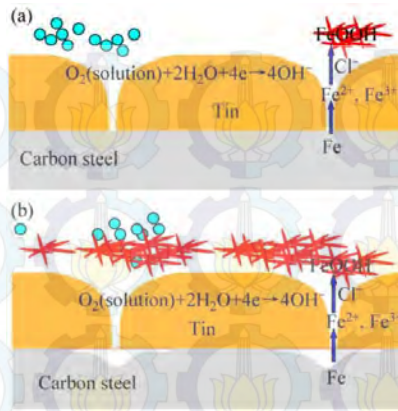
Apabila terdapat banyak ion klorida adanya  $\text{Cl}^{-}$  akan memicu terbentuknya  $\text{FeOOH}$ , kemungkinan proses pembentukan  $\gamma\text{-FeOOH}$  yaitu,



Dan apabila dibawah kondisi kering menjadi,



Proses korosi awal dan korosi serius pada *tinplate* dalam media  $\text{NaCl}$  dapat dilihat pada Gambar 2.2.



Gambar 2.2 (a) Proses korosi awal *tinplate* (b) Proses korosi serius pada *tinplate* (Xia, 2012).

### 2.2.2 Termodinamika Korosi

Di alam sebagian besar logam ditemukan bersenyawa dengan unsur lain secara kimia, bijih-bijih ini dapat berupa oksida, sulfida, karbonat, atau senyawa lain yang lebih kompleks. Dengan adanya teori termodinamika, bijih tersebut berada pada energi rendah. Hukum termodinamika menggambarkan keadaan energi tinggi yang akan berubah ke energi yang rendah. Kecenderungan ini membuat logam-logam bergabung kembali dengan unsur-unsur yang ada di lingkungan, dan akhirnya membentuk gejala yang disebut korosi (Chodijah, 2008).

Energi bebas merupakan faktor yang menentukan suatu korosi berlangsung spontan atau tidak. Setiap energi bebas dinyatakan dengan  $G$  dan perubahan energi dinyatakan dengan  $\Delta G$ . Peralihan energi tinggi ke rendah, dimana energi yang dilepas diberi tanda negatif dan energi yang diserap diberi tanda positif. Agar suatu reaksi berjalan spontan, maka  $\Delta G$  harus negatif. Semua korosi bergantung pada temperatur, oleh karena itu persamaan termodinamika dapat digunakan sebagai berikut:



$$\Delta G - \Delta G^\circ = RT \ln K \quad (2.1)$$

dan pada kondisi standar nilai  $\ln K = 0$  sehingga,

$$\Delta G = \Delta G^\circ \quad (2.2)$$

Dimana  $T$  merupakan suhu dalam Kelvin,  $R$  merupakan konstanta molar gas ( $8,314 \text{ J/mol K}$ ), dan  $K$  merupakan konstanta kesetimbangan reaksi.

Nilai  $\Delta G$  dengan adanya potensial elektrokimia,  $E$ , menjadi :

$$\Delta G = -E n F \quad (2.3)$$

dan pada kondisi standar,

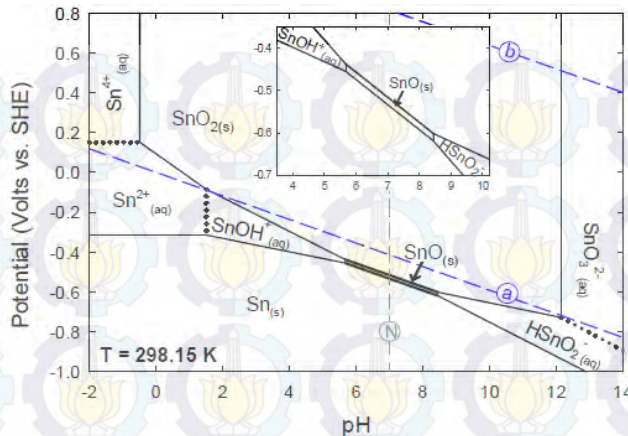
$$\Delta G^\circ = -E^\circ n F \quad (2.4)$$

dengan mensubstitusi persamaan (2.3) dan (2.4) ke persamaan (2.1) maka didapatkan persamaan *Nernst* :

$$E = E^\circ - \frac{RT}{nF} \ln K \quad (2.5)$$

Dimana  $n$  merupakan jumlah elektron yang ditukar saat reaksi,  $F$  merupakan konstanta Faraday ( $96500 \text{ C/mol}$ ),  $E$  merupakan potensial elektrokimia dan  $E^\circ$  merupakan potensial elektrokimia standar (Uhligh, 1985).

Diagram potensial-pH atau diagram Pourbaix memetakan fasa-fasa stabil logam dan senyawanya dalam larutan dengan pelarut air, yang berada dalam kesetimbangan termodinamika, sebagai fungsi dari potensial elektroda dan pH larutan (Bundjali, 2009). Kegunaan diagram Pourbaix terutama adalah untuk memperkirakan arah reaksi spontan, komposisi produk korosi dan perubahan lingkungan yang akan mencegah atau menurunkan laju serangan korosi (Inoue, 1996). Selain itu diagram pourbaix juga dapat memperlihatkan kondisi-kondisi dimana logam akan terkorosi, tidak terkorosi, atau mengalami pemasifan dalam larutan pelarut air (Chodijah, 2008). Gambar 2.3 memperlihatkan diagram pourbaix untuk timah pada keadaan standar (suhu  $25^\circ\text{C}$ ).



Gambar 2.3 Diagram Pourbaix timah pada keadaan standar pada suhu 25° C (Palazhchenko, 2012).

### 2.2.3 Kinetika Korosi

Menurut hukum Faraday's muatan berhubungan dengan massa material yang bereaksi pada reaksi elektrokimia.



Dimana 1 mol logam bereaksi untuk memproduksi 1 mol ion logam dan n mol elektron. Pada reaksi elektrokimia ini terdapat produksi maupun konsumsi elektron sehingga menghasilkan aliran elektron dari dan menuju antarmuka yang sedang bereaksi, dimana laju reaksinya dapat diukur. Sehingga kinetika korosi dapat ditentukan dari laju reaksi. Aliran elektron dinyatakan sebagai arus, I, dalam ampere, dimana 1-ampere sama dengan 1-coulomb ( $6,2 \times 10^{18}$  electron) per detik ( $1A = 1 C/s$ ). Perbandingan antara I, dengan masa yang bereaksi, m, di dalam reaksi elektrokimia sesuai dengan hukum Faraday :

$$m = \frac{Q M}{n F} = \frac{I t M}{n F} \quad (2.6)$$

dimana F adalah konstanta Faraday (96,500 coulomb/valensi), n adalah nomor perubahan valensi, Q adalah muatan (coulomb, C), M adalah massa atom (g/mol) dan t adalah waktu. Dengan



membagi persamaan (2.6) dengan waktu,  $t$ , dan juga luas permukaan,  $A$ , maka dihasilkan laju korosi,  $r$ , yang dirumuskan sebagai berikut :

$$r = \frac{m}{tA} = \frac{ItM/nF}{tA} = \frac{iM}{nF} \quad (2.7)$$

dimana  $i$  adalah densitas arus yang nilainya sama dengan  $I/A$ . Persamaan (2.7) memperlihatkan perbandingan antara kehilangan massa per satuan luas per satuan waktu (misal.  $\text{mg}/\text{dm}^2/\text{hari}$ ) dengan densitas arus (misal.  $\mu\text{A}/\text{cm}^2$ ). Perbandingan antara densitas arus dengan laju korosi lebih baik daripada perbandingan arus dengan laju korosi, hal ini karena apabila dengan diberikannya arus yang sama ke suatu luas permukaan yang lebih kecil laju korosinya makin besar. Laju korosi berbanding terbalik dengan luas permukaan ketika dalam arus yang sama (Jones, 1996).

#### **2.2.4 Perlindungan Logam dari Korosi**

Usaha-usaha yang dapat dilakukan untuk pencegahan korosi antara lain pemilihan material, proteksi katodik, proteksi anodik, pelapisan dan penggunaan inhibitor.

##### **2.2.4.1 Pemilihan Material**

Metode pemilihan material menerapkan prinsip mengenai tepat atau tidaknya penggunaan suatu material terhadap lingkungan tertentu. Pemilihan material dapat mengacu deret Galvanik untuk meminimalisir terjadinya korosi (Nugroho, 2011).

##### **2.2.4.2 Proteksi Katodik (*Catodic Protection*)**

Proteksi katodik merupakan salah satu metoda dalam pengendalian korosi dengan cara memperlakukan struktur logam sebagai katoda. Metoda ini dilakukan dengan jalan mengalirkan arus listrik searah melalui elektrolit ke logam sehingga potensial antarmuka logam-larutan elektrolit turun menuju/mencapai daerah imunnya atau sampai nilai tertentu sehingga laju korosi logam masih diperbolehkan/minimum (Blount, 1989).

Terdapat dua cara untuk memberikan arus searah dalam sistem perlindungan katodik yaitu menerapkan anoda tumbal (*sacrificial anode*) atau dengan arus tanding (*Impressed current*). Metode anoda tumbal (*sacrificial anode*) menggunakan prinsip galvanik, dimana logam yang ingin dilindungi dihubungkan dengan logam lain sebagai pelindung. Logam pelindung harus bersifat lebih anodik (lebih negatif) dibandingkan logam yang ingin dilindungi sehingga tidak terkorosi (Nugroho, 2011). Sedangkan metode arus tanding (*Impressed current*) yaitu suatu metode perlindungan karat yang menggunakan tegangan DC untuk proses perlindungannya. Tegangan DC digunakan untuk membuat suatu logam semakin sedikit mengalami korosi karena potensial dari logam tersebut dibuat semakin negatif (Trethewey, 1991).

#### **2.2.4.3 Proteksi Anodik (*Anodic Protection*)**

Adanya arus anodik akan meningkatkan laju ketidaklarutan logam dan menurunkan laju pembentukan hidrogen. Hal ini bisa terjadi untuk logam-logam “active-passive” seperti Ni, Fe, Cr, Ti dan paduannya. Jika arus yang lewat logam dikontrol seksama (dengan potentiostat) maka logam akan bersifat pasif dan pembentukan logam-logam tak terlarut akan berkurang (Sidiq, 2013).

#### **2.2.4.4 Pelapisan (*Coating*)**

Pelapisan (*Coating*) adalah proses untuk melapisi suatu bahan dasar (*substrate*) yang bertujuan untuk melindungi material dari korosi dan memberi perlindungan pada material tersebut (Holmberg, 2010). Adanya lapisan pada permukaan logam akan meminimalkan kontak antara logam dengan lingkungannya sehingga dapat mencegah proses korosi pada logam. Pelapisan yang umum digunakan adalah cat. Maksud adanya pelapisan yaitu memberikan suatu lapisan padat merata sebagai bahan isolator atau menghambat aliran listrik diseluruh permukaan logam yang dilindungi, sehingga apabila terdapat kontak langsung dengan

elektrolit atau lingkungan reaksinya dapat dihambat (Nugroho, 2011).

#### **2.2.4.5 Penggunaan Inhibitor Korosi**

Inhibitor korosi adalah suatu zat yang apabila ditambahkan dalam konsentrasi kecil pada suatu lingkungan, efektif mengurangi laju korosi logam yang dikenainya (Acharya, 2013). Sejumlah inhibitor menghambat korosi melalui cara adsorpsi untuk membentuk suatu lapisan tipis yang tidak nampak dengan ketebalan beberapa molekul saja, ada pula yang karena pengaruh lingkungan membentuk endapan yang nampak dan melindungi logam dari serangan yang mengkorosi logamnya dan menghasilkan produk yang membentuk lapisan pasif, dan ada pula yang menghilangkan konstituen yang agresif (Sidiq, 2013).

Banyak tipe inhibitor korosi untuk berbagai keperluan baik inhibitor organik maupun anorganik. Secara umum inhibitor korosi dibagi atas beberapa kategori yakni inhibitor korosi katodik, inhibitor korosi anodik, inhibitor korosi organik dan inhibitor korosi adsorpsi.

##### **a. Inhibitor Katodik**

Inhibitor katodik menurunkan laju korosi dengan cara memperlambat reaksi katodik. Inhibitor katodik membentuk senyawa tak larut yang mengendap pada katodik dengan membentuk lapisan penghalang. Inhibitor katodik ini bereaksi dengan ion  $\text{OH}^-$  untuk mengendapkan senyawa-senyawa tidak larut pada permukaan logam sehingga dapat menghalangi masuknya oksigen (Febrianto, 1998).

Inhibitor katodik merupakan inhibitor aman (tidak berbahaya) karena apabila ditambahkan dalam jumlah yang kurang (terlalu sedikit) dari konsentrasi kritisnya, tetap akan mengurangi laju korosi. Contoh inhibitor katodik adalah garam-garam seng dan magnesium, kalsium, dan polifosfat (Karim, 2012).



b. Inhibitor Anodik

Inhibitor korosi anodik menggeser kesetimbangan proses korosi ke daerah pasif yang menyebabkan pembentukan film pasif oksida yang tidak kelihatan pada daerah anodik yang memicu kenaikan potensial anoda dan menekan proses oksidasi. Berkurangnya daerah anodik yang efektif menyebabkan turunnya laju korosi. Contohnya Kromat ( $\text{CrO}_4^{2-}$ ), nitrit ( $\text{NO}_2^{2-}$ ), Molibdat ( $\text{MoO}_4^{2-}$ ), dan Ortofosfat ( $\text{PO}_4^{3-}$ ) (Febrianto, 2010).

c. Inhibitor organik

Inhibitor ini merupakan senyawa organik yang mempunyai bagian kepala yang polar dan bagian lainnya merupakan hidrokarbon rantai panjang. Inhibitor korosi organik biasanya berupa garam logam yang berperan mempasifkan permukaan logam. Inhibitor korosi organik pemakaiannya sedikit terbatas karena memerlukan konsentrasi yang tetap, pH yang sensitif dan kadang tidak efektif dengan adanya klorida (Febrianto, 2010). Pada inhibitor organik, umumnya digunakan suatu senyawa organik yang mengandung satu atau lebih atom nitrogen, oksigen, sulfur, fosfor, ikatan rangkap atau cincin aromatik. Selain itu juga senyawa organik yang mengandung gugus amina dan karboksilat seperti asam amino (Ketut, 2010).

d. Inhibitor Adsorpsi

Inhibitor adsorpsi menurunkan laju korosi disebabkan polarisasi logam dengan lapisan tipis dari molekul inhibitor yang teradsorpsi pada permukaan. Berkurangnya luas permukaan efektif bisa menurunkan laju korosi. Molekul inhibitor adsorpsi mampu membentuk *chemisorbed bonds* dengan atom logam pada permukaannya. Senyawa yang biasa dipakai sebagai inhibitor adsorpsi gugus Amin ( $\text{R-NH}_2$ ), Karboksil ( $\text{R-COOH}$ ), Thiourea ( $\text{NH}_2\text{CSNH}_2$ ), Fosfonat ( $\text{R-PO}_3\text{H}_2$ ), Benzonat ( $\text{C}_6\text{H}_5\text{COO}^-$ ) dan Antimoni triklorida ( $\text{SbCl}_3$ ) (Febrianto, 2010).

## 2.3 Metode pengukuran Laju Korosi

### 2.3.1 Metode Pengurangan Berat

Metode pengurangan berat adalah perhitungan laju korosi dengan mengukur kekurangan berat akibat korosi yang terjadi. Metode ini menggunakan jangka waktu penelitian hingga mendapatkan jumlah kehilangan akibat korosi yang terjadi (Hardiansyah, 2012). Laju korosi ( $C_{\text{rate}}$ ) dalam milimeter per tahun (mm/year) dapat dihitung menggunakan persamaan :

$$C_{\text{rate}} \text{ (mm/year)} = \frac{87600 \Delta w}{\rho A T} \quad (2.8)$$

dimana  $\Delta w$  adalah rata-rata pengurangan berat (g),  $\rho$  adalah densitas ( $\text{g/cm}^3$ ),  $A$  merupakan luas spesimen ( $\text{cm}^2$ ) dan  $T$  adalah waktu perendaman (jam) (Jones, 1996). Dari laju korosi efisiensi inhibisi dapat dihitung dengan cara mengetahui laju korosi awal dan akhir tanpa dan dengan adanya inhibitor korosi menggunakan rumus :

$$\text{EI \%} = \frac{C_R^0 - C_R}{C_R^0} \times 100 \% \quad (2.9)$$

dimana  $C_R^0$  dan  $C_R$  secara berturut-turut adalah laju korosi rata-rata pada spesimen tanpa inhibitor dan dengan inhibitor (Mourya, 2014).

### 2.3.2 Metode Polarisasi Potensiostatik

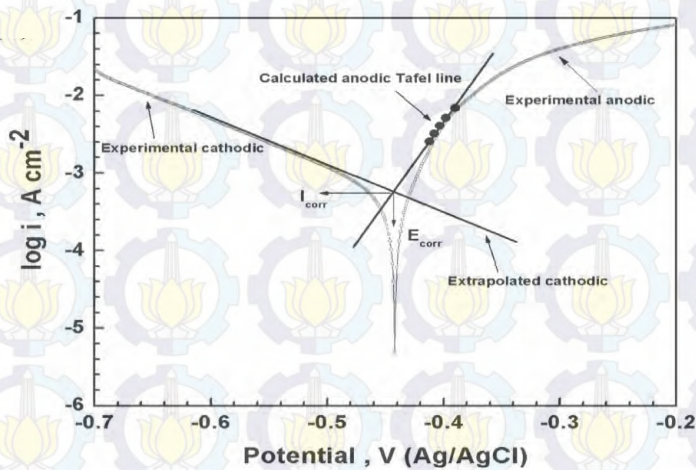
Metode elektrokimia adalah metode mengukur laju korosi dengan mengukur beda potensial objek hingga didapat laju korosi yang terjadi, metode ini mengukur laju korosi pada saat diukur saja dimana memperkirakan laju tersebut dengan waktu yang panjang (memperkirakan walaupun hasil yang terjadi antara satu waktu dengan waktu lainnya berbeda) (Hardiansyah, 2012).

Polarisasi merupakan penyimpangan potensial elektroda ( $E$ ) dari keadaan setimbang yang disebabkan reaksi bersih permukaan untuk reaksi setengah sel (Jones, 1992). Metode polarisasi potensiostatik menggunakan hubungan antara potensial dan arus anodik atau katodik untuk menentukan perilaku



korosi logam. Dalam metode ini digunakan tiga elektroda diantaranya elektroda kerja, elektroda bantu dan elektroda *reference* (El-Haddad, 2013).

Tafel plot didapatkan dari hasil ekstrapolasi polarisasi *logcurrent* anodik dan katodik yang berpotongan pada garis potensial korosi ditunjukkan pada Gambar 2.4 (Gunaatmaja, 2011). Potensial logam didapatkan ketika reaksi anodik dan katodik seimbang (Jones, 1996). Kestimbangan potensial didapatkan akibat hubungan listrik terhadap logam (pengukuran  $E_{kor}$ ). Penjumlahan dari arus anodik dan katodik pada  $E_{kor}$  merupakan arus korosi ( $I_{kor}$ ), namun  $I_{kor}$  tidak dapat diukur secara langsung sehingga diperlukan teknik elektrokimia, hal yang sama juga berlaku untuk pengukuran laju korosi (*corrosion rate*) (Gunaatmaja, 2011).



Gambar 2.4 Ekstrapolasi tafel (Mourya, 2014)

Berdasarkan hukum tafel berlaku persamaan berikut:

$$E_c - E_{kor} = \beta_c \log (I_c / I_{kor}) \quad (\text{katodik}) \quad (2.10)$$

$$E_a - E_{kor} = \beta_a \log (I_a / I_{kor}) \quad (\text{anodik}) \quad (2.11)$$

dimana  $E_c$ ,  $E_a$ ,  $I_{kor}$ ,  $\beta_c$  dan  $\beta_a$  merupakan parameter pada kurva polarisasi.  $E$  adalah potensial kesetimbangan,  $E_c$  dan  $E_a$  potensial katodik dan anodik,  $I_{kor}$  merupakan densitas korosi,  $\beta_c$  dan  $\beta_a$  merupakan slopenya (McCafferty, 2005).

Efisiensi inhibisi (EI) dalam metode polarisasi potensiodinamik dapat dihitung dengan :

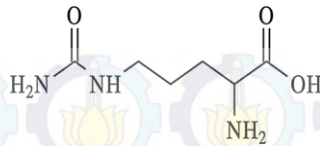
$$\% EI = \frac{i_{kor} - i'_{kor}}{i_{kor}} \times 100 \% \quad (2.12)$$

dimana  $i_{kor}$  dan  $i'_{kor}$  adalah densitas arus korosi tanpa dan dengan adanya penambahan inhibitor (Doner, 2011).

## 2.4 Inhibitor Ekstrak Kulit Dalam Semangka

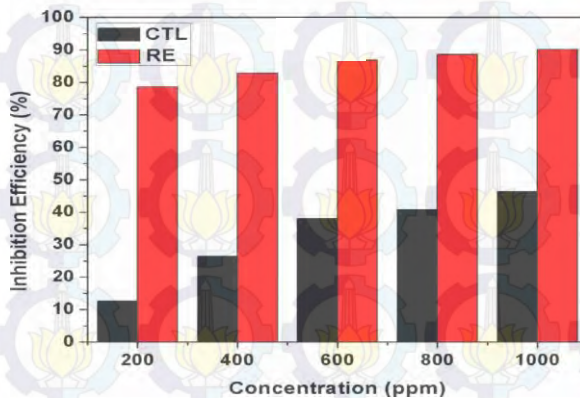
Semangka (*Citrullus lanatus*) merupakan tanaman menjalar yang termasuk keluarga Cucurbitaceae, dimana bagian yang paling berguna adalah daging buah. Sedangkan limbahnya seperti kulit dan juga biji kurang dimanfaatkan. Menurut Johnson (2012) semangka mengandung sebagian besar anti-nutrien seperti sapoin, alkaloid, hidrogen sianida, tannins, phitate, fenol, oksalat dan flavonoid pada kulit luar, daging buah dan kulit dalam.

Selain itu, di dalam kulit dalam semangka dilaporkan terdapat komponen utama *citrulline* yang mengandung heteroatom (N,O) dan cincin aromatik (ikatan rangkap) sesuai pada Gambar 2.5 (Odewunmi, 2014). Adanya atom oksigen dan nitrogen mampu menyumbangkan pasangan elektron bebasnya sehingga dapat memberikan efek penghambatan (Petchiamal, 2012).



Gambar 2.5 Struktur kimia *citrulline* (Odewunmi, 2014).

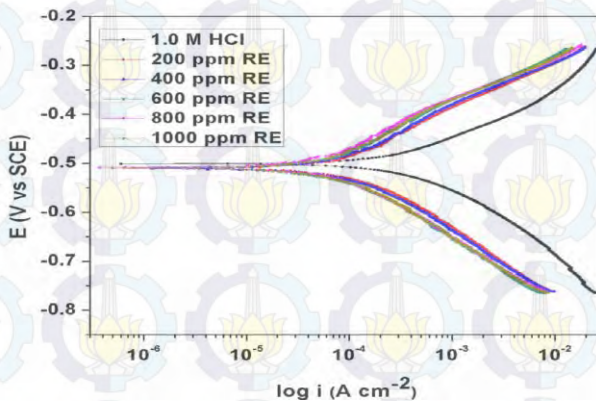
Penelitian dari ekstrak kulit dalam semangka telah banyak dilakukan. Odewunmi (2015) menggunakan ekstrak kulit dalam untuk menghambat korosi baja lunak dalam media 1 M HCl yang direndam selama 24 jam. Hasil dari metode pengurangan berat menunjukkan bahwa adanya penambahan ekstrak pada media korosi mengakibatkan laju korosi dari baja lunak semakin berkurang sedangkan efisiensi inhibisinya semakin naik. Pada konsentrasi ekstrak 1000 ppm, efisiensi inhibisinya mencapai 90,20%. Pola kenaikan nilai efisiensi inhibisi tersebut ditampilkan pada Gambar 2.6 dengan inhibitor L-citrulline sebagai pembanding.



Gambar 2.6 Pola kenaikan nilai efisiensi inhibisi ekstrak kulit dalam semangka (RE) dan L-citrulline (CTL) dari metode pengurangan berat (Odewunmi, 2015).



Selanjutnya dari hasil uji menggunakan metode polarisasi potensiodinamik dapat dilihat pada Gambar 2.7. Diketahui bahwa penambahan ekstrak 200 ppm pada media korosi memberikan efisiensi inhibisi 79,1%. Kemudian dengan penambahan ekstrak 600 ppm didapatkan efisiensi 85,4% dan pada konsentrasi maksimum yaitu 1000 ppm ekstrak didapatkan nilai efisiensi inhibisi 88,1%. Hal ini menunjukkan bahwa semakin besar konsentrasi ekstrak yang diberikan, nilai efisiensi inhibisinya semakin meningkat.



Gambar 2.7 Kurva polarisasi potensiodinamik pada baja lunak dalam 1 M HCl tanpa dan dengan adanya konsentrasi ekstrak kulit dalam semangka (RE) (Odewunmi, 2015).



## **BAB III**

### **METODOLOGI PENELITIAN**

#### **3.1 Alat dan Bahan**

##### **3.1.1 Alat**

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini adalah labu ukur 1000 mL, labu ukur 250 mL, gelas beaker, kaca arloji, botol timbang, corong, botol vial, pipet tetes, spatula, sonikasi, *hotplate*, neraca digital, *freez dryer*, dan potensiostat autolab Metrohm tipe AUT84948.

##### **3.1.2 Bahan**

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah *tinplate* (TP20), kertas saring, aquaproof, aqua DM, NaCl p.a, dan kulit dalam buah semangka kuning.

#### **3.2 Prosedur Kerja**

##### **3.2.1 Preparasi Ekstrak Kulit Dalam Semangka**

Semangka kuning diambil kulit bagian dalamnya dan dipotong menjadi potongan yang lebih kecil. Selanjutnya, dikeringkan dibawah sinar matahari, lalu dihaluskan hingga menjadi serbuk. Serbuk ditimbang sebanyak 20 gram dan dilarutkan dalam aqua DM 400 mL, kemudian larutan dipanaskan hingga mendidih selama 30 menit. Larutan didinginkan dan disaring dengan kertas saring, filtrat yang didapat diuapkan pelarutnya di atas *hotplate* hingga berbentuk karamel, kemudian dimasukkan botol vial dan dikeringkan dengan *freez dryer* sehingga didapatkan massa padatan (Wani, 2011).

##### **3.2.2 Preparasi Spesimen *Tinplate***

Untuk metode pengurangan berat, spesimen *tinplate* dipotong dengan ukuran  $(3 \times 3) \text{ cm}^2$ , sedangkan untuk metode polarisasi potensiodinamik, spesimen dipotong dengan ukuran  $(4 \times 1) \text{ cm}^2$  kemudian dilapisi dengan aquaproof dan disisakan  $1 \text{ cm}^2$  terpapar yang digunakan sebagai elektroda kerja. Sebelum

digunakan spesimen disonikasi dalam aqua DM selama 20 menit, terakhir dikeringkan dan disimpan dengan keadaan terbungkus aluminium foil (Odewunmi, 2014).

### 3.2.3 Preparasi Media Korosi 2% NaCl

Padatan NaCl p.a ditimbang 20 gram, kemudian dilarutkan dengan aqua DM dalam labu ukur 1000 mL, ditambahkan hingga tanda batas dan dikocok hingga homogen. Larutan 2% NaCl digunakan sebagai pelarut inhibitor dan larutan blanko.

### 3.2.4 Preparasi Media Korosi dengan Variasi Konsentrasi Inhibitor

Padatan ekstrak kulit dalam semangka ditimbang sebanyak 0,0063 gram. Kemudian dilarutkan dengan larutan 2% NaCl secukupnya, larutan dimasukkan dalam labu ukur 250 mL dan diencerkan dengan penambahan 2% NaCl hingga tanda batas. Sehingga didapatkan konsentrasi WMRE 25 mg/L. Dengan cara yang sama dibuat untuk variasi konsentrasi yang lain yaitu 50 mg/L, 75 mg/L, 100 mg/L, 250 mg/L, 600mg/L dan 1000 mg/L (Arenas, 2002).

### 3.2.5 Metode Pengurangan berat

*Tinplate* dengan dimensi  $(3 \times 3) \text{ cm}^2$  yang sebelumnya telah disiapkan, mula-mula ditimbang massanya (sebagai massa awal). *Tinplate* kemudian direndam dalam 30 mL media korosi dengan variasi konsentrasi inhibitor (25, 50, 75, 100, 250, 600, dan 1000 mg/L) selama 48 jam. Setelah itu spesimen dibersihkan dengan tisu, disonikasi dan dikeringkan, lalu ditimbang kembali massanya (sebagai massa akhir). Pengukuran dilakukan sebanyak tiga kali. Dari hasil selisih massa akhir dan massa awal, dapat dihitung laju korosi ( $C_R$ ) dengan persamaan (2.8) dan efisiensi inhibisi (EI %) dihitung menggunakan persamaan (2.9) (Odewunmi, 2015).

### 3.2.6 Metode Polarisis Potensiodinamik

Dalam metode elektrokimia digunakan tiga jenis elektroda, yaitu elektroda kerja, elektroda *reference*, dan elektroda bantu. *Tinplate* yang telah disiapkan digunakan sebagai elektroda kerja, kawat Pt sebagai elektroda bantu dan *saturated calomel electrode* (SCE) sebagai elektroda *reference*. Ketiga elektroda direndam didalam 50 mL variasi konsentrasi media korosi (25, 50, 75, 100, 250 dan 600 mg/L) selama 10 menit hingga stabil *open circuit potensialnya* (OCP). Potensial input yang digunakan yaitu -0,250 sampai +0,250 V dan *scan rate* 0,01 V/s. Kemudian didapatkan grafik potensiodinamik, kurva katodik dan anodik dari Tafel diekstrapolasi di titik perpotongan, maka menghasilkan potensial korosi ( $E_{kor}$ ) dan densitas arus korosi ( $i_{kor}$ ). Nilai slope dari anodik ( $\beta_a$ ) dan slope katodik ( $\beta_c$ ) juga dapat diketahui. Kemudian efisiensi inhibisi (EI%) dapat dihitung menggunakan persamaan (2.12) (Mourya, 2014).



## BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

### 4.1 Hasil Metode Pengurangan Berat

Metode pengurangan berat dilakukan dengan merendam spesimen *tinplate* dalam variasi konsentrasi inhibitor (0, 25, 50, 75, 100, 250, 600 dan 1000 mg/L) selama 48 jam. Hasil yang didapatkan dari metode pengurangan berat yaitu selisih massa *tinplate* ( $\Delta w$ ) sebelum dan sesudah direndam dalam media korosi. Perendaman dilakukan selama 48 jam bertujuan untuk mendapatkan selisih massa yang optimal. Dari selisih massa tersebut dapat dihitung laju korosi ( $C_R$ ) dan efisiensi inhibisi (EI) yang ditunjukkan pada lampiran C. Laju korosi dan efisiensi inhibisi *tinplate* dalam larutan 2% NaCl dengan adanya variasi konsentrasi ekstrak kulit dalam semangka, dapat dilihat pada Tabel 4.1.

Tabel 4.1 Data metode pengurangan berat pada *tinplate* dalam larutan 2% NaCl dengan adanya variasi konsentrasi ekstrak kulit dalam semangka selama 48 jam.

| Konsentrasi inhibitor (mg/L) | $\Delta w$ (gram) | $C_R$ (mmpy) | EI (%) |
|------------------------------|-------------------|--------------|--------|
| 0                            | 0,0033            | 0,0244       | -      |
| 25                           | 0,0032            | 0,0232       | 5      |
| 50                           | 0,0029            | 0,0210       | 14     |
| 75                           | 0,0026            | 0,0192       | 21     |
| 100                          | 0,0018            | 0,0134       | 45     |
| 250                          | 0,0011            | 0,0081       | 67     |
| 600                          | 0,0011            | 0,0078       | 68     |
| 1000                         | 0,0007            | 0,0049       | 80     |

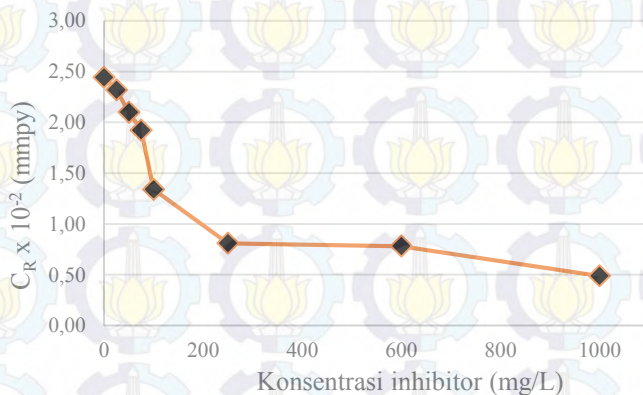
Berdasarkan Tabel 4.1 diketahui bahwa pengurangan berat ( $\Delta w$ ) dan laju korosi ( $C_R$ ), nilainya turun secara bertahap seiring



dengan penambahan konsentrasi inhibitor. Sedangkan data efisiensi inhibisi nilainya justru semakin naik seiring penambahan konsentrasi inhibitor. Pada konsentrasi tertinggi yaitu 1000 mg/L, ekstrak kulit dalam semangka mampu menghambat korosi *tinplate* dalam larutan 2% NaCl hingga laju korosinya 0,0049 mmpy dengan efisiensi inhibisi 80%.

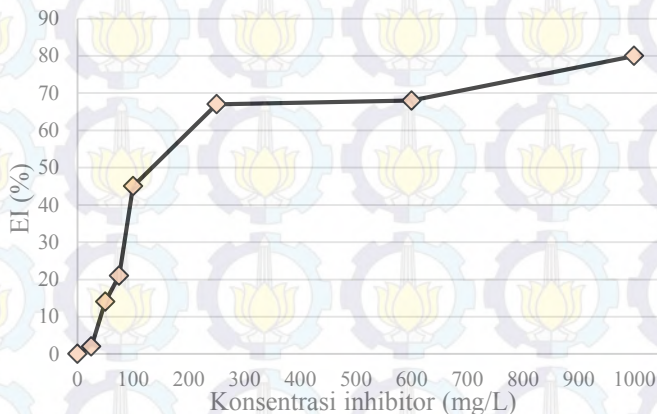
Dengan konsentrasi 1000 mg/L ekstrak hanya mampu menginhibisi 80%, apabila dinaikkan konsentrasinya justru tidak efektif dan larutan menjadi kuning. Hal ini tidak sesuai dengan tujuan penggunaan inhibitor yaitu inhibitor ditambahkan dalam konsentrasi kecil pada suatu lingkungan untuk mengurangi laju korosi logam yang dikenainya (Acharya, 2013). Untuk meningkatkan efisiensi inhibisinya, inhibitor dapat ditambahkan secara berkesinambungan (Erlina, 2010).

Data pada Tabel 4.1 menunjukkan bahwa variasi konsentrasi inhibitor ekstrak kulit dalam semangka mempengaruhi nilai laju korosi dan efisiensi inhibisi. Hubungan antara variasi konsentrasi inhibitor dengan laju korosi dalam larutan 2% NaCl, dapat dibuat grafik seperti pada Gambar 4.1.



Gambar 4.1 Grafik hubungan antara variasi konsentrasi inhibitor ekstrak kulit dalam semangka dengan laju reaksi dalam larutan 2% NaCl dari metode pengurangan berat

Selanjutnya grafik hubungan antara variasi konsentrasi inhibitor dengan efisiensi inhibisi ditunjukkan pada Gambar 4.2.

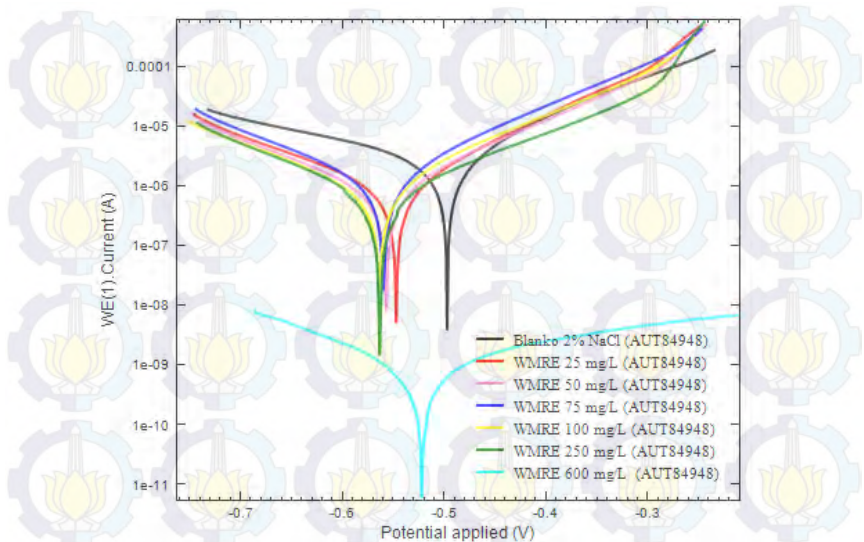


Gambar 4.2 Grafik hubungan antara variasi konsentrasi inhibitor ekstrak kulit dalam semangka dengan efisiensi inhibisi dalam larutan 2% NaCl dari metode pengurangan berat

Penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh Odewunmi (2015) dengan metode pengurangan berat selama 24 jam, ekstrak kulit dalam semangka dapat menghambat laju korosi baja lunak dalam media 1 M HCl. Pada konsentrasi inhibitor 1000 ppm nilai efisiensi inhibisinya mencapai 90,2%, nilai efisiensi ini lebih besar dibandingkan efisiensi inhibisi ekstrak kulit dalam semangka pada korosi *tinplate* dalam media 2% NaCl. Namun pola kenaikan efisiensi inhibisinya sama, seperti yang dijelaskan pada Gambar 2.6 di sub bab 2.4.

#### 4.2 Hasil Metode Polarisasi Potensiiodinamik

Kurva polarisasi potensiiodinamik pada *tinplate* dalam media korosi 2% NaCl dengan adanya penambahan variasi konsentrasi ekstrak kulit dalam semangka diperlihatkan pada Gambar 4.3.



Gambar 4.3 Kurva polarisasi potensiodinamik *tinplate* dalam media 2% NaCl dengan adanya variasi konsentrasi ekstrak kulit dalam semangka (WMRE).

Kurva polarisasi pada Gambar 4.3 selanjutnya diekstrapolasi Tafel sehingga diperoleh parameter korosi seperti densitas arus ( $i_{kor}$ ), potensial korosi ( $E_{kor}$ ), slope Tafel katodik ( $\beta_c$ ), slope Tafel anodik ( $\beta_a$ ) dan laju korosi ( $Cr$ ). Kemudian, dari nilai densitas arus korosi dapat dihitung efisiensi inhibisi (EI) (lampiran E). Data parameter polarisasi potensiodinamik ditunjukkan pada Tabel 4.2.



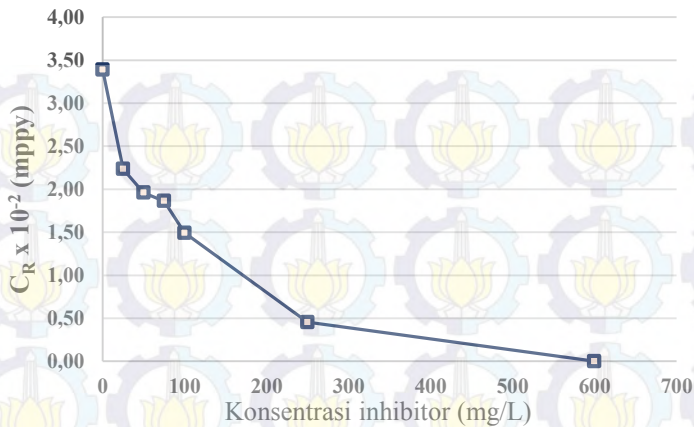
Tabel 4.2 Hasil pengujian *tinplate* menggunakan metode polarisasi potensiodynamik dengan adanya variasi konsentrasi ekstrak kulit dalam semangka dalam larutan 2% NaCl.

| Konsentrasi inhibitor (mg/L) | $\beta_a$ (V/s) | $\beta_c$ (V/s) | $E_{kor}$ (V) | $i_{kor}$ (A/cm <sup>2</sup> )<br>$\times 10^{-6}$ | Laju Korosi (mmpy) | EI (%) |
|------------------------------|-----------------|-----------------|---------------|--|--------------------|--------|
| 0                            | 0,3691          | 0,1549          | -0,4740       | 2,9179   | 0,03391            | -      |
| 25                           | 0,4673          | 0,2065          | -0,5502       | 1,9234   | 0,02235            | 34,08  |
| 50                           | 0,3262          | 0,1649          | -0,5521       | 1,6856   | 0,01959            | 42,23  |
| 75                           | 0,1983          | 0,1701          | -0,5724       | 1,6029   | 0,01863            | 45,07  |
| 100                          | 0,2959          | 0,1436          | -0,5634       | 1,2844   | 0,01492            | 55,98  |
| 250                          | 0,0624          | 0,0672          | -0,5574       | 0,3918   | 0,00455            | 86,58  |
| 600                          | 0,1363          | 0,1527          | -0,5065       | 0,0009   | 0,00001            | 99,97  |

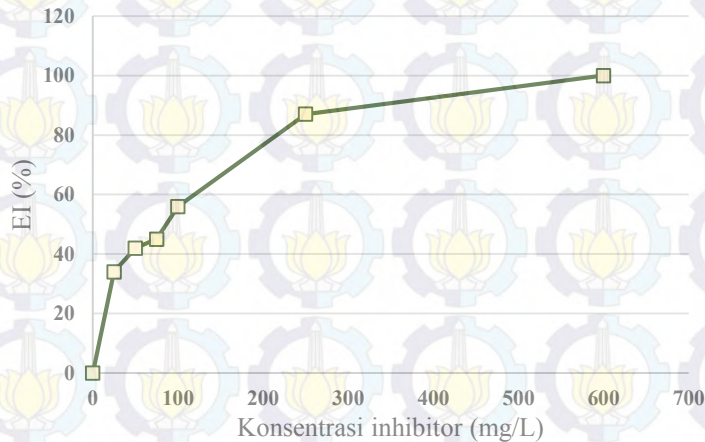
Data Tabel 4.2 memperlihatkan bahwa, dengan penambahan variasi konsentrasi ekstrak kulit dalam semangka, nilai densitas arus korosi ( $i_{kor}$ ) turun secara bertahap sehingga laju korosi juga semakin turun. Densitas arus korosi dapat digunakan untuk menentukan laju korosi, dimana densitas arus korosi sebanding dengan laju korosi sesuai persamaan 2.7. Selanjutnya, nilai densitas arus korosi digunakan untuk menghitung efisiensi inhibisi. Efisiensi inhibisi yang didapatkan nilainya meningkat seiring kenaikan konsentrasi inhibitor. Pada konsentrasi tertinggi yaitu 600 mg/L, ekstrak kulit dalam semangka mampu menghambat korosi *tinplate* dalam media 2% NaCl dengan efisiensi inhibisi 99,97% dan laju 0,00001 mmpy.

Hubungan antara variasi konsentrasi inhibitor dengan laju korosi dalam larutan 2% NaCl dapat digambarkan pada grafik Gambar 4.4. Sedangkan hubungan variasi konsentrasi inhibitor dengan persentase efisiensi inhibisi dapat ditunjukkan pada Gambar 4.5.





Gambar 4.4 Grafik hubungan variasi konsentrasi inhibitor ekstrak kulit dalam semangka dengan laju korosi dalam 2% NaCl dari metode polarisasi potensiodynamik.



Gambar 4.5 Grafik hubungan variasi konsentrasi inhibitor ekstrak kulit dalam semangka dengan laju reaksi dalam 2% NaCl dari metode polarisasi potensiodynamik

Dalam penelitiannya, Odewunmi (2015) melaporkan bahwa ekstrak kulit dalam semangka dengan konsentrasi 600 ppm, yang ditambahkan dalam media korosi 1 M HCl mampu menghambat laju korosi baja lunak, nilai efisiensi inhibisi yang didapatkan dari polarisasi potensiodinamik yaitu 85,4% sedangkan laju korosinya 1,00 mmpy. Nilai efisiensi ini lebih kecil dibandingkan efisiensi inhibisi ekstrak kulit dalam semangka pada korosi *tinplate* dalam media 2% NaCl.

Pada penelitian Odewunmi (2015), digunakan baja lunak dalam media 1 M HCl sedangkan pada penelitian ini digunakan logam *tinplate* dalam media korosi 2% NaCl. Zheng (2008) melaporkan bahwa kandungan gas  $H_2$  dalam larutan NaCl lebih sedikit dibandingkan dalam larutan HCl. Pada lingkungan pH rendah (asam), hidrogen bekerja pada sistem katodik yang mengakibatkan hidrogen tidak membentuk  $H_2$ , tetapi membentuk  $H^+$  yang berdifusi ke logam dan terlibat pada proses korosi (Avery, 2011). Namun penurunan laju korosi dan kenaikan efisiensi inhibisi yang didapatkan, memiliki pola yang sama, seperti yang telah dijelaskan pada Gambar 2.7 di sub bab 2.4.

## **BAB V**

### **KESIMPULAN DAN SARAN**

#### **5.1 Kesimpulan**

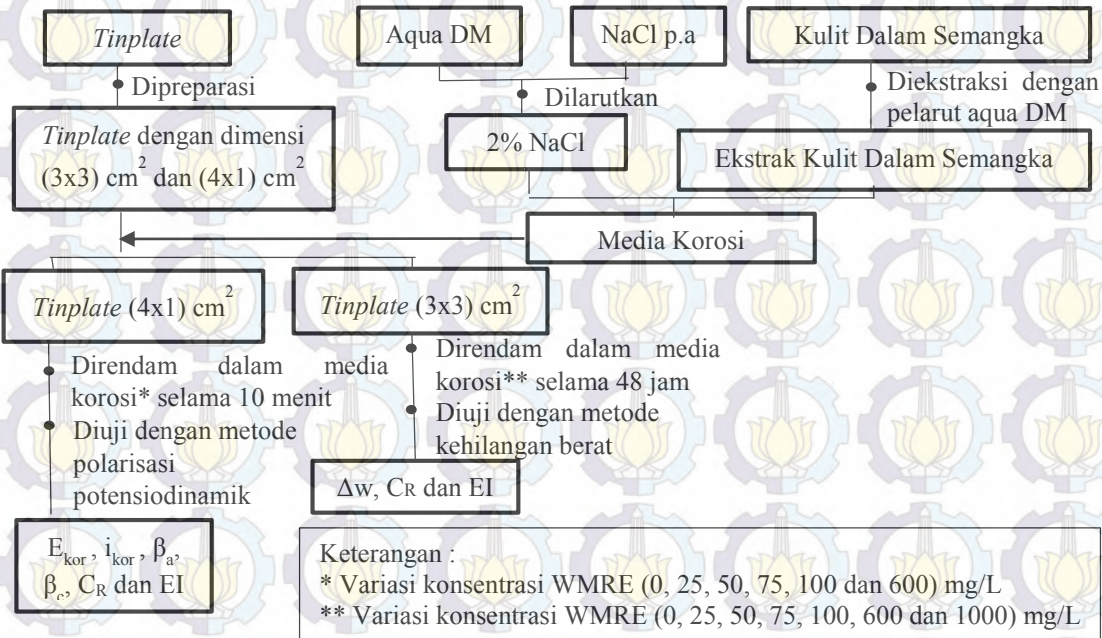
Kesimpulan yang didapatkan dari penelitian ini yaitu ekstrak kulit dalam semangka dapat menghambat korosi *tinplate* dalam media 2% NaCl. Dua metode uji yang telah dilakukan menunjukkan bahwa semakin besar konsentrasi ekstrak yang ditambahkan, laju korosi semakin kecil sedangkan efisiensi inhibisinya semakin meningkat. Dari metode pengurangan berat laju korosi terendah yaitu 0,0049 mmpy dengan efisiensi inhibisi mencapai 80% saat konsentrasi ekstrak 1000 mg/L. Sedangkan pada metode polarisasi potensiodynamik laju korosi terendah yaitu 0,00001 mmpy dengan efisiensi inhibisi mencapai 99,97% saat konsentrasi ekstrak 600 mg/L.

#### **5.2 Saran**

Saran untuk penelitian selanjutnya adalah perlu dikembangkan penggunaan inhibitor ekstrak kulit dalam semangka pada logam lainnya, sehingga dapat menghambat proses korosi logam.

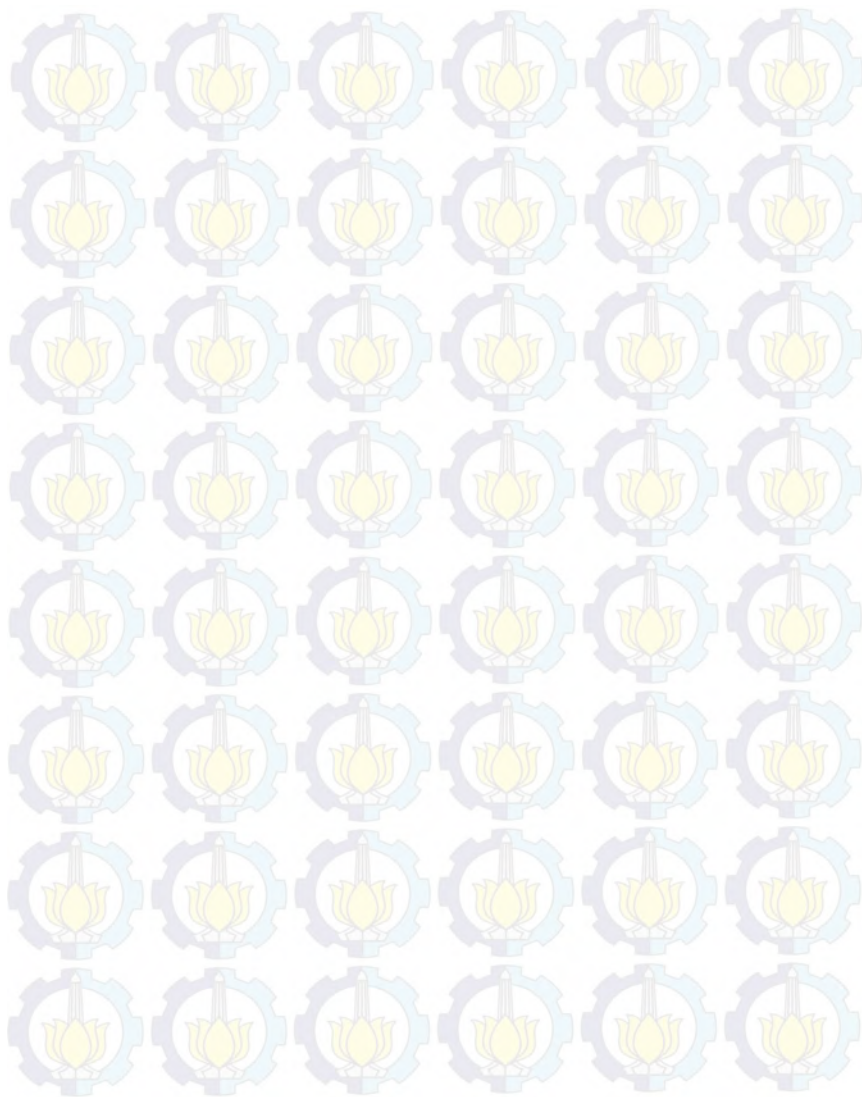


## LAMPIRAN A SKEMA KERJA





***“Halaman ini sengaja dikosongkan”***



## LAMPIRAN B PEMBUATAN LARUTAN

### B.1 Pembuatan Larutan 2% NaCl (w/v)

**Teori :**

Pembuatan larutan 2% NaCl, menggunakan perhitungan sebagai berikut :

$$\text{Larutan 2\% NaCl} = \frac{20 \text{ gram NaCl}}{1000 \text{ mL larutan}}$$

**Praktek :**

Larutan 2% NaCl (w/v) dibuat dengan melarutkan 20 gram padatan NaCl dengan aqua DM secukupnya dalam beaker glass, kemudian larutan diencerkan dalam labu ukur 1000 mL dengan penambahan aqua DM hingga tanda batas.

### B.2 Pembuatan Media Korosi dengan Konsentrasi Ekstrak Kulit Dalam Semangka 25 mg/L, dalam Pelarut 2% NaCl (w/v).

**Teori :**

Media korosi dengan konsentrasi ekstrak kulit dalam semangka 25 mg/L dalam pelarut 2% NaCl dapat dibuat menggunakan perhitungan berikut :

$$\text{Larutan ekstrak 25 mg/L} = \frac{6,25 \text{ mg ekstrak}}{0,25 \text{ L larutan}}$$

**Praktek :**

Media korosi dengan konsentrasi ekstrak 25 mg/L dibuat dengan melarutkan 0,0063 gram ekstrak dengan larutan 2% NaCl secukupnya dalam botol timbang, kemudian larutan dimasukkan dalam labu ukur 250 mL dan diencerkan dengan penambahan 2% NaCl hingga tanda batas. Dengan cara yang sama dibuat untuk konsentrasi 50, 75, 100, 250, 600 dan 1000 mg/L dengan

melarutkan ekstrak kulit dalam semangka dalam labu ukur 250 mL sesuai Tabel B1.

Tabel B1. Massa ekstrak kulit dalam semangka yang dilarutkan dalam larutan 2% NaCl yang digunakan untuk variasi konsentrasi media korosi.

| Konsentrasi Media Korosi<br>(mg/L) | Massa ekstrak yang diambil<br>(gram) |
|------------------------------------|--------------------------------------|
| 25                                 | 0,0063                               |
| 50                                 | 0,0125                               |
| 75                                 | 0,0188                               |
| 100                                | 0,0250                               |
| 250                                | 0,0625                               |
| 600                                | 0,1502                               |
| 1000                               | 0,2500                               |

## LAMPIRAN C DATA PENGURANGAN BERAT

### C.1 Perhitungan Selisih Pengurangan Berat ( $\Delta w$ )

Diambil contoh pada konsentrasi ekstrak 25 mg/L larutan,

Diketahui :

Berat awal ( $w_0$ ) = 1,5674 gram

Berat akhir ( $w_t$ ) = 1,5645 gram

$$\begin{aligned}\Delta w &= w_0 - w_t \\ &= (1,5674 - 1,5645) \text{ gram} \\ &= 0,0029 \text{ gram}\end{aligned}$$

(Digunakan cara yang sama untuk pengulangan dan juga variasi konsentrasi yang lain).

### C.2 Perhitungan Laju Korosi

Diambil contoh larutan dengan konsentrasi ekstrak 25 mg/L larutan,

Diketahui :

Berat Jenis *tinplate* ( $\rho$ ) = 13,6267 g/cm<sup>3</sup>

Luas Permukaan *tinplate* ( $A$ ) = 18,288 cm<sup>2</sup>

Waktu perendaman ( $t$ ) = 48 jam

Pengurangan berat  $\Delta w$  = 0,0029 gram

$$\begin{aligned}C_R \text{ (mmpy)} &= \frac{87600 \Delta w}{\rho A T} \\ &= \frac{87600 \cdot 0,0029 \text{ g}}{13,6267 \text{ gcm}^3 \cdot 18,288 \text{ cm}^2 \cdot 48 \text{ jam}} \\ &= 0,0234 \text{ mmpy}\end{aligned}$$

(Digunakan cara yang sama untuk pengulangan dan juga variasi konsentrasi yang lain).



### C.3 Penentuan Efisiensi Inhibisi Ekstrak pada Metode Pengurangan Berat.

Diambil contoh larutan dengan konsentrasi ekstrak 75 mg/L larutan,

Diketahui :

Laju Korosi Rata-rata pada *tinplate* tanpa inhibitor ( $C_R^0$ ) = 0,0244 mmpy

Laju Korosi Rata-rata pada *tinplate* dengan inhibitor ( $C_R$ ) = 0,0192 mmpy

$$\begin{aligned} \text{EI \%} &= \frac{C_R^0 - C_R}{C_R^0} \times 100 \% \\ &= \frac{(0,0244 - 0,0192)}{0,0244} \times 100 \% \\ &= 19,3321 \% \end{aligned}$$

(Digunakan cara yang sama untuk variasi konsentrasi yang lain).

### Tabel data pengurangan berat

Tabel C.1 Data pengurangan berat *tinplate* dalam larutan 2% NaCl tanpa dan dengan adanya ekstrak

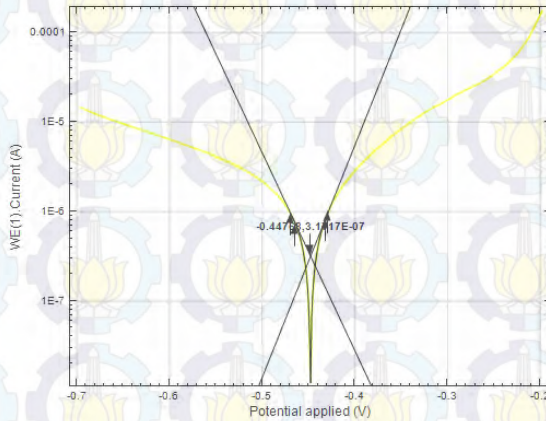
| Konsentrasi inhibitor (mg/L) | wo (g) | wt (g) | $\Delta w$ (g) | A (cm <sup>2</sup> ) | Cr (mmpy) | EI (%) |
|------------------------------|--------|--------|----------------|----------------------|-----------|--------|
| 0                            | 1,5361 | 1,5331 | 0,0030         | 18,288               | 0,0220    | -      |
|                              | 1,6046 | 1,6014 | 0,0032         | 18,288               | 0,0234    |        |
|                              | 1,6004 | 1,5966 | 0,0038         | 18,288               | 0,0278    |        |
| 25                           | 1,5442 | 1,5409 | 0,0033         | 18,288               | 0,0242    | 1      |
|                              | 1,5674 | 1,5645 | 0,0029         | 18,288               | 0,0234    | 13     |
|                              | 1,5545 | 1,5512 | 0,0033         | 18,288               | 0,0242    | 1      |
| 50                           | 1,5529 | 1,5501 | 0,0028         | 18,288               | 0,0205    | 16     |
|                              | 1,5610 | 1,5582 | 0,0028         | 18,288               | 0,0205    | 16     |
|                              | 1,5736 | 1,5706 | 0,0030         | 18,288               | 0,0220    | 10     |
| 75                           | 1,5468 | 1,5443 | 0,0025         | 18,288               | 0,0183    | 25     |
|                              | 1,5882 | 1,5855 | 0,0027         | 18,288               | 0,0198    | 19     |
|                              | 1,5709 | 1,5682 | 0,0027         | 18,4392              | 0,0196    | 19,66  |
| 100                          | 1,5727 | 1,5708 | 0,0019         | 18,288               | 0,0139    | 43     |
|                              | 1,5571 | 1,5555 | 0,0016         | 17,986               | 0,0119    | 51,19  |
|                              | 1,5590 | 1,5571 | 0,0019         | 17,688               | 0,0144    | 41,07  |

Lanjutan Tabel C.1,

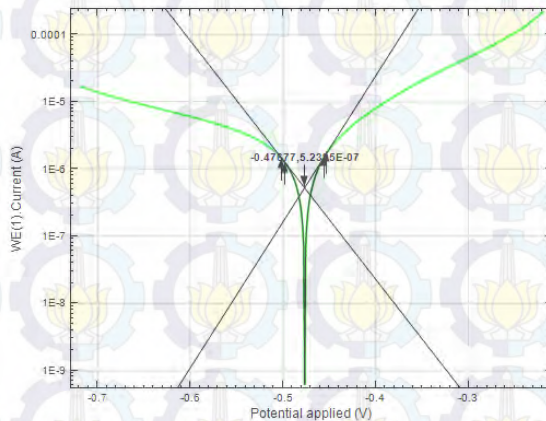
| Konsentrasi inhibitor (mg/L) | wo (g) | wt (g) | $\Delta w$ (g) | A (cm <sup>2</sup> ) | Cr (mmpy) | EI (%) |
|------------------------------|--------|--------|----------------|----------------------|-----------|--------|
| 250                          | 1,5617 | 1,5606 | 0,0011         | 18,288               | 0,0081    | 67     |
|                              | 1,5771 | 1,5759 | 0,0012         | 18,590               | 0,0086    | 64,59  |
|                              | 1,5499 | 1,5489 | 0,0010         | 17,688               | 0,0076    | 68,98  |
| 600                          | 1,5842 | 1,5832 | 0,0010         | 18,288               | 0,0073    | 70     |
|                              | 1,5239 | 1,5229 | 0,0010         | 18,288               | 0,0073    | 70     |
|                              | 1,5652 | 1,5640 | 0,0012         | 18,288               | 0,0088    | 64     |
| 1000                         | 1,5651 | 1,5644 | 0,0007         | 18,288               | 0,0051    | 79     |
|                              | 1,5509 | 1,5501 | 0,0008         | 18,288               | 0,0059    | 76     |
|                              | 1,5263 | 1,5258 | 0,0005         | 18,288               | 0,0037    | 85     |

## LAMPIRAN D KURVA POLARISASI POTENSIDINAMIK

### D.1 Larutan 2% NaCl (Blanko)

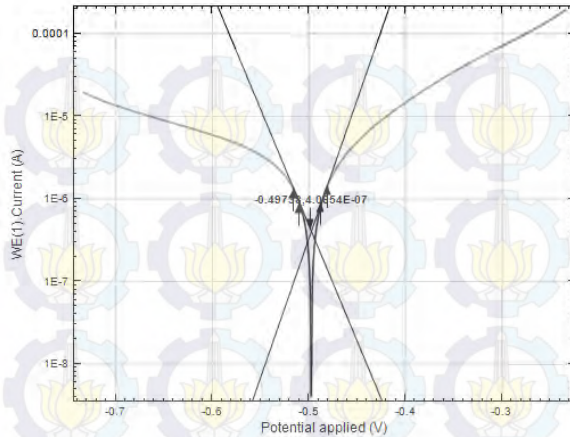


Gambar D.1 Kurva Polarisasi *tinplate* 1 dalam media korosi 2% NaCl (Blanko)



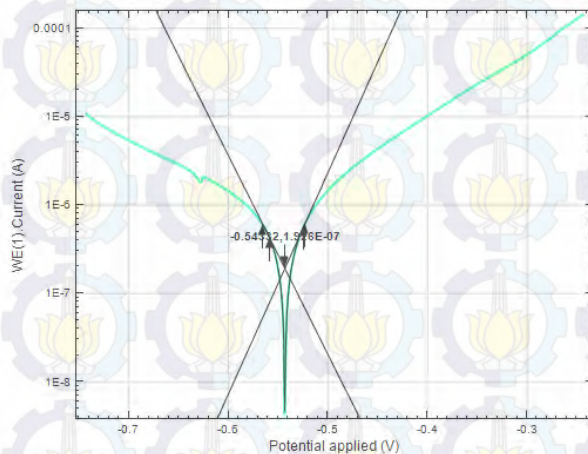
Gambar D.2 Kurva Polarisasi *tinplate* 2 dalam media korosi 2% NaCl (Blanko)



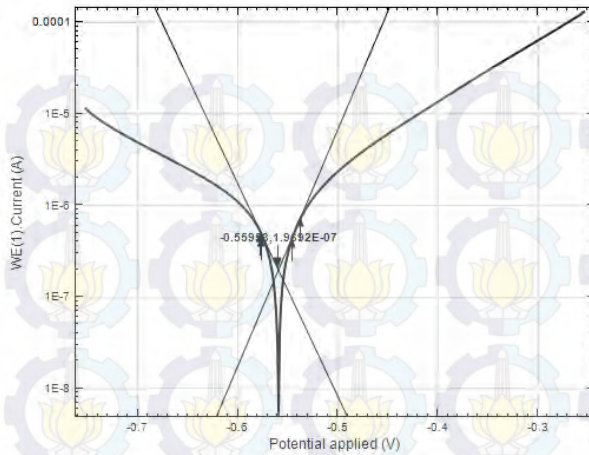


Gambar D.3 Kurva Polarisasi *tinplate* 3 dalam media korosi 2% NaCl (Blanko)

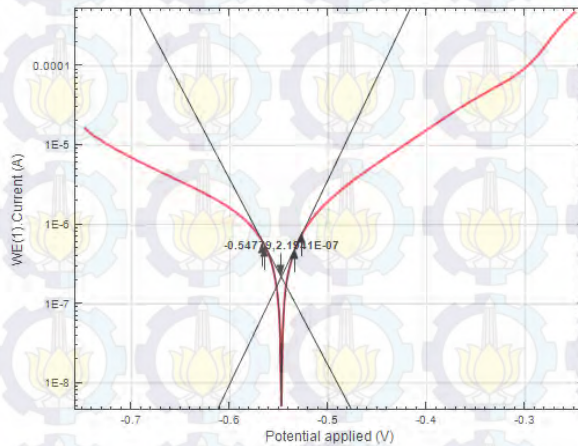
## D.2 Variasi Konsentrasi Ekstrak 25 mg/L dalam 2% NaCl



Gambar D.4 Kurva Polarisasi *tinplate* 1 dalam media korosi 2% NaCl dengan konsentrasi ekstrak kulit dalam semangka 25 mg/L

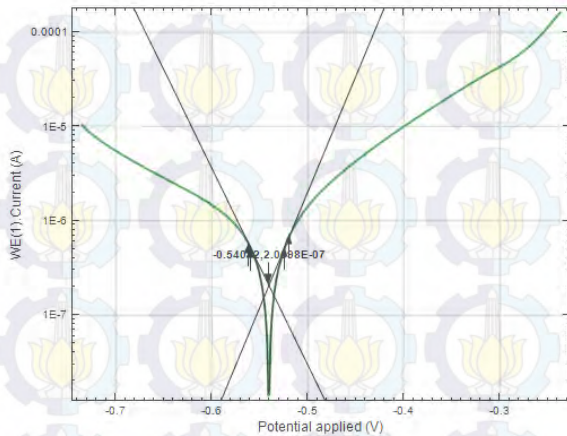


Gambar D.5 Kurva Polarisasi *tinplate 2* dalam media korosi 2% NaCl dengan konsentrasi ekstrak kulit dalam semangka 25 mg/L

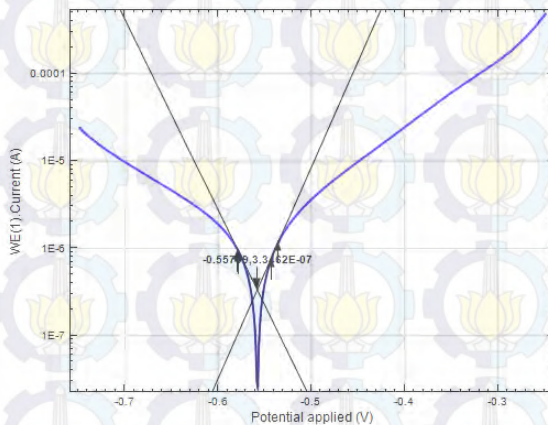


Gambar D.6 Kurva Polarisasi *tinplate 3* dalam media korosi 2% NaCl dengan konsentrasi ekstrak kulit dalam semangka 25 mg/L

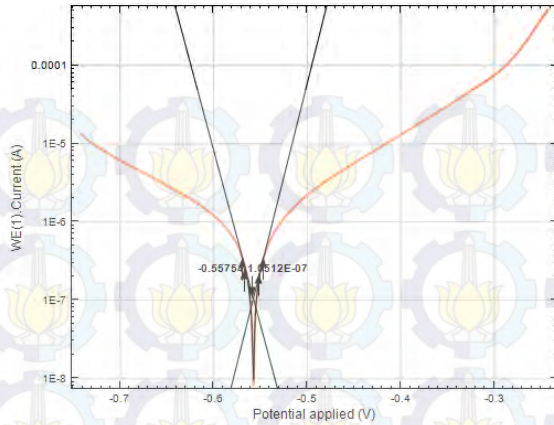
### D.3 Variasi Konsentrasi Ekstrak 50 mg/L dalam 2% NaCl



Gambar D.7 Kurva Polarisasi *tinplate* 1 dalam media korosi 2% NaCl dengan konsentrasi ekstrak kulit dalam semangka 50 mg/L

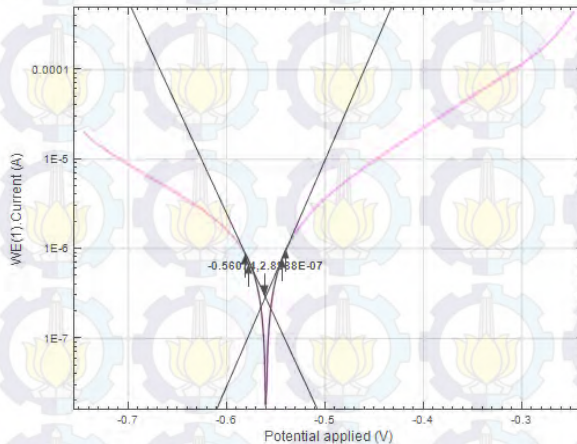


Gambar D.8 Kurva Polarisasi *tinplate* 2 dalam media korosi 2% NaCl dengan konsentrasi ekstrak kulit dalam semangka 50 mg/L



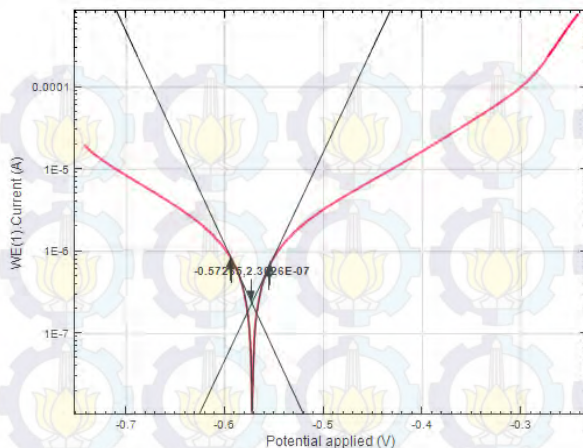
Gambar D.9 Kurva Polarisasi *tinplate* 3 dalam media korosi 2% NaCl dengan konsentrasi ekstrak kulit dalam semangka 50 mg/L

#### D.4 Variasi Konsentrasi Ekstrak 75 mg/L dalam 2% NaCl

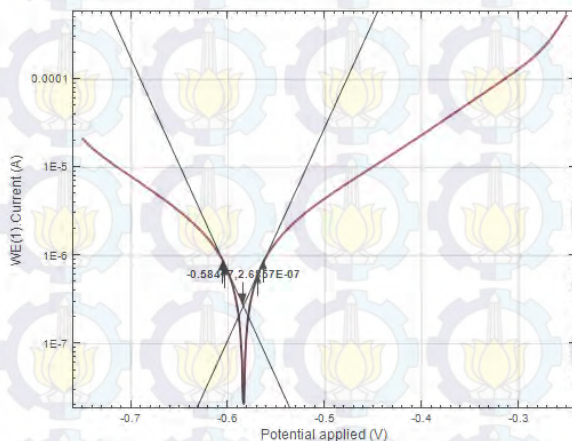


Gambar D.10 Kurva Polarisasi *tinplate* 1 dalam media korosi 2% NaCl dengan konsentrasi ekstrak kulit dalam semangka 75 mg/L



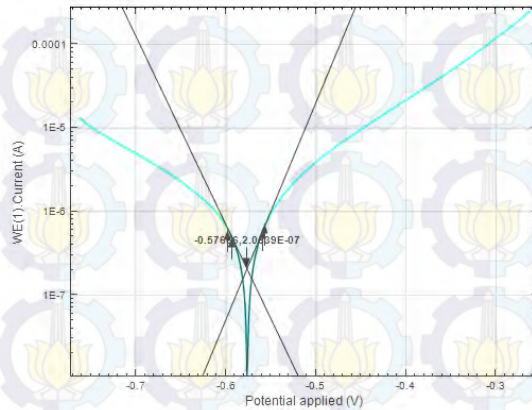


Gambar D.11 Kurva Polarisasi *tinplate* 2 dalam media korosi 2% NaCl dengan konsentrasi ekstrak kulit dalam semangka 75 mg/L

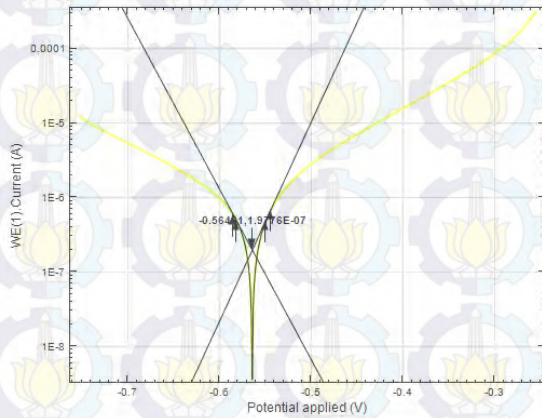


Gambar D.12 Kurva Polarisasi *tinplate* 3 dalam media korosi 2% NaCl dengan konsentrasi ekstrak kulit dalam semangka 75 mg/L

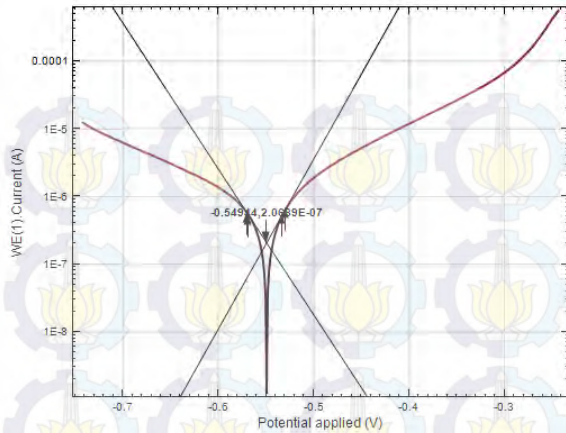
### D.5 Variasi Konsentrasi Ekstrak 100 mg/L dalam 2% NaCl



Gambar D.13 Kurva Polarisasi *tinplate* 1 dalam media korosi 2% NaCl dengan konsentrasi ekstrak kulit dalam semangka 100 mg/L

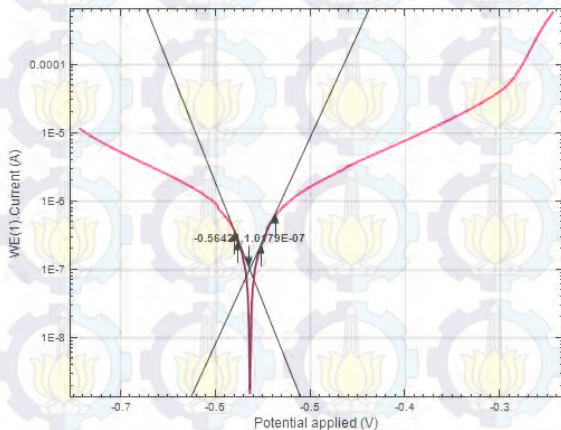


Gambar D.14 Kurva Polarisasi *tinplate* 2 dalam media korosi 2% NaCl dengan konsentrasi ekstrak kulit dalam semangka 100 mg/L

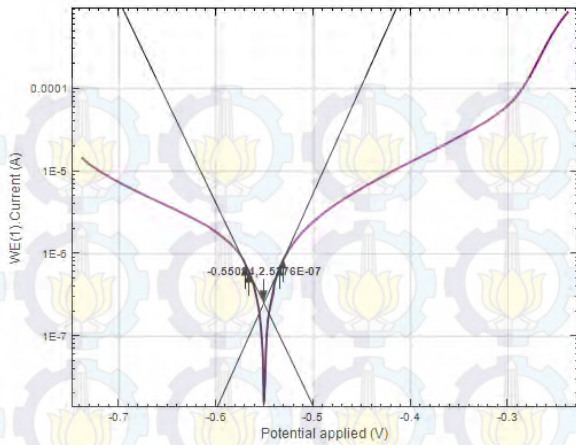


Gambar D.15 Kurva Polarisasi *tinplate* 3 dalam media korosi 2% NaCl dengan konsentrasi ekstrak kulit dalam semangka 100 mg/L

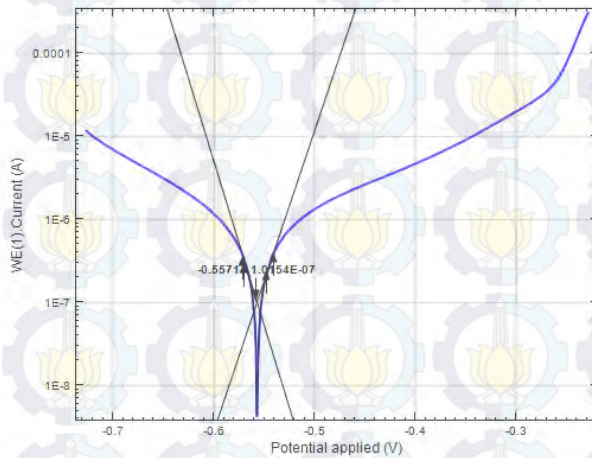
#### D.6 Variasi Konsentrasi ekstrak 250 mg/L dalam 2% NaCl



Gambar D.16 Kurva Polarisasi *tinplate* 1 dalam media korosi 2% NaCl dengan konsentrasi ekstrak kulit dalam semangka 250 mg/L



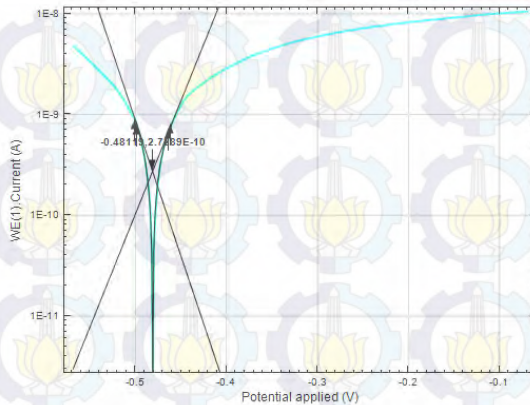
Gambar D.17 Kurva Polarisasi *tinplate 2* dalam media korosi 2% NaCl dengan konsentrasi ekstrak kulit dalam semangka 250 mg/L



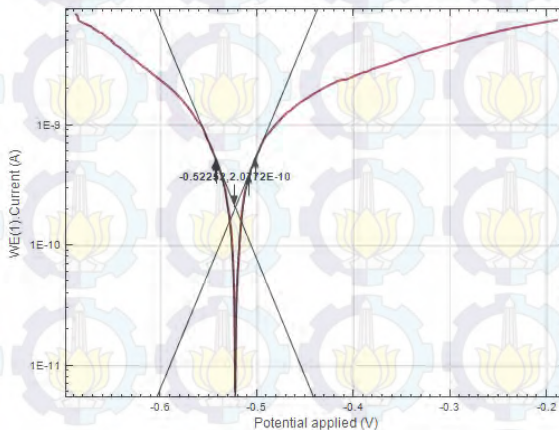
Gambar D.18 Kurva Polarisasi *tinplate 3* dalam media korosi 2% NaCl dengan konsentrasi ekstrak kulit dalam semangka 250 mg/L



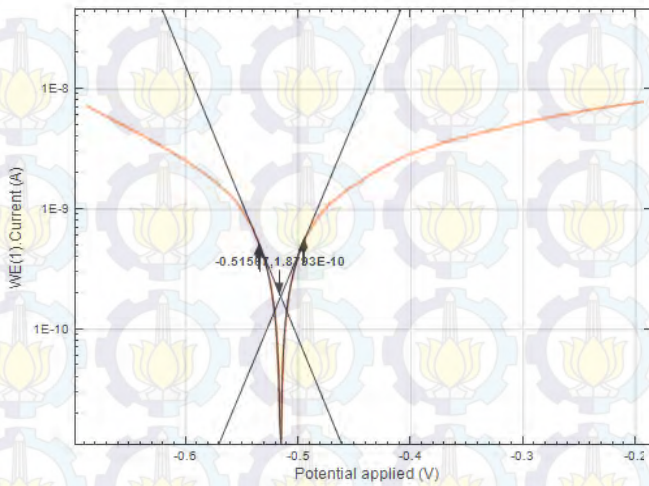
### D.6 Variasi Konsentrasi ekstrak 600 mg/L dalam 2% NaCl



Gambar D.19 Kurva Polarisasi *tinplate* 1 dalam media korosi 2% NaCl dengan konsentrasi ekstrak kulit dalam semangka 600 mg/L

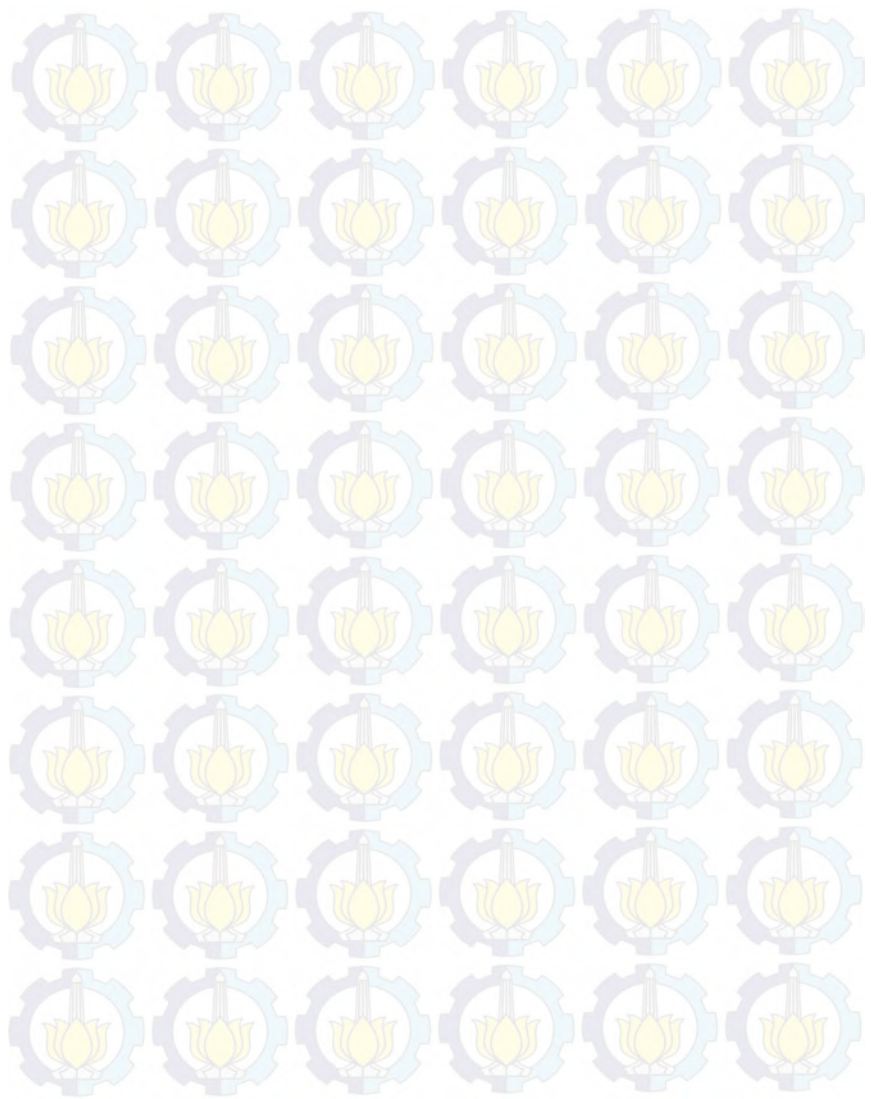


Gambar D.20 Kurva Polarisasi *tinplate* 2 dalam media korosi 2% NaCl dengan konsentrasi ekstrak kulit dalam semangka 600 mg/L



Gambar D.21 Kurva Polarisasi *tinplate* 3 dalam media korosi 2% NaCl dengan konsentrasi ekstrak kulit dalam semangka 600 mg/L

***“Halaman ini sengaja dikosongkan”***



## LAMPIRAN E

### DATA POLARISASI POTENSIODINAMIK

#### E.1 Perhitungan Nilai Efisiensi Inhibisi Ekstrak Kulit Dalam Semangka dalam Larutan 2% HCl

Diambil contoh konsentrasi ekstrak kulit dalam semangka 25 mg/L dalam 2% NaCl,

Diketahui :

Densitas arus korosi rata-rata blanko ( $i_{kor}$ ) = 2,9179  $\mu\text{A}/\text{cm}^2$

Densitas arus korosi rata-rata ekstrak 25 mg/L ( $i'_{kor}$ ) = 1,9234  $\mu\text{A}/\text{cm}^2$

$$\begin{aligned} \text{EI \%} &= \frac{i_{kor} - i'_{kor}}{i_{kor}} \times 100 \% \\ &= \frac{(2,9179 - 1,9234)}{2,9179} \times 100 \% \\ &= 34,0933 \% \end{aligned}$$

(Digunakan cara yang sama untuk variasi konsentrasi yang lain)



Tabel E.1 Data polaisasi potensiodinamik *tinplate* dengan adanya variasi konsentrasi ekstrak

| Konsentra<br>si<br>inhibitor<br>(mg<br>ekstrak/L<br>larutan) | $\beta_a$<br>(V/s) | $\beta_c$<br>(V/s) | E <sub>corr</sub><br>(V) | i <sub>corr</sub><br>(A/cm <sup>2</sup> )<br>x 10 <sup>-6</sup> | Corrosion<br>rate<br>(mm/year) | EI<br>(%) |
|--|--------------------|--------------------|--------------------------|---|--------------------------------|-----------|
| <b>0</b>   | 0,4551             | 0,1919             | -0,4478                  | 2,7893  | 0,0324                         | -         |
|  | 0,3234             | 0,1385             | -0,4767                  | 2,7015  | 0,0314                         | -         |
|  | 0,3288             | 0,1342             | -0,4975                  | 3,2629  | 0,0379                         | -         |
| <b>25</b>  | 0,4543             | 0,2204             | -0,5027                  | 1,8514  | 0,0215                         | 36,55     |
|  | 0,4736             | 0,2045             | -0,5596                  | 1,8854  | 0,0219                         | 35,39     |
|  | 0,4740             | 0,1947             | -0,5477                  | 2,0335  | 0,0236                         | 30,31     |
| <b>50</b>  | 0,4493             | 0,1814             | -0,5407                  | 1,6463  | 0,0191                         | 43,58     |
|  | 0,2928             | 0,1632             | -0,5579                  | 2,1910  | 0,0255                         | 24,91     |
|  | 0,2363             | 0,1500             | -0,5577                  | 1,2196  | 0,0142                         | 58,20     |
| <b>75</b>  | 0,1926             | 0,1227             | -0,5605                  | 1,4333  | 0,0167                         | 50,88     |
|  | 0,2052             | 0,1928             | -0,5724                  | 1,6518  | 0,0192                         | 43,39     |
|  | 0,1970             | 0,1948             | -0,5842                  | 1,7236  | 0,0200                         | 40,93     |
| <b>100</b>   | 0,2862             | 0,1330             | -0,5765                  | 1,2298  | 0,0143                         | 57,85     |
|  | 0,2700             | 0,1399             | -0,5643                  | 1,2242  | 0,0142                         | 58,05     |
|  | 0,3315             | 0,1579             | -0,5495                  | 1,3991  | 0,0163                         | 52,05     |
| <b>250</b>   | 0,0386             | 0,0465             | -0,5642                  | 0,1765  | 0,0021                         | 93,95     |
|  | 0,0748             | 0,0633             | -0,5508                  | 0,5690  | 0,0066                         | 80,50     |
|  | 0,0739             | 0,0918             | -0,5571                  | 0,4300  | 0,0050                         | 85,26     |
| <b>600</b>   | 0,0557             | 0,0729             | -0,4811                  | 0,0005  | 0,0000                         | 99,98     |
|  | 0,2465             | 0,2639             | -0,5226                  | 0,0014  | 0,0000                         | 99,95     |
|  | 0,1068             | 0,1214             | -0,5158                  | 0,0006  | 0,0000                         | 99,98     |

## DAFTAR PUSTAKA

- Acharya, M., Chouhan, J. S., Dixit, A., dan Gupta, D. K. (2013). Green inhibitors for prevention of metal and alloys corrosion: an overview. *Chemistry and Materials Research*, 3(6), 16-24.
- Arenas, M. A., Conde, A., dan De Damborenea, J. J. (2002). Cerium: a Suitable Green Korosion Inhibitor for Tinplate. *Corrosion Science*, 44(3), 511-520.
- Avery M., Chui B., Kariya. dan Larson K. 2001. Hydrogen Induced Corrosion. *Material Science*, 112, 1-8
- Blount, F. E. (1989). Electrochemical principles of cathodic protection. *Proceedings of the University of Oklahoma Corrosion Control Course, NACE, Houston*, 7.
- Bundjali, B., Surdia, N. M., Liang, O. B., dan Ariwahjoedi, B. (2009). Konstruksi Diagram Potensial-pH untuk Baja Karbon dalam Buffer Asetat secara Potensiodinamik Eksperimental. *Jurnal Matematika dan Sains*, 9(4), 307-312
- Che, Y., Han, Z., Luo, B., Xia, D., Shi, J., Gao, Z., dan Wang, J. (2012). Corrosion mechanism differences of tinplate in aerated and deaerated citric acid solution. *International Journal of Electrochemical Science*, 7(10), 9997-10007.
- Chodijah, S. (2008). Efektifitas Penggunaan Pelapis Epoksi terhadap Ketahanan Korosi Pipa Baja ASTM A53. Skripsi. Program Studi Teknik Metalurgi dan Material FT-UI

- Doner, A., Solmas., Ramazan., Ozcan., Muzzafer., Kardas., dan Gulfeza. (2011). Experimental and Theoretical of Thiazoles as Korosion Inhibitors for Mild Steel in Sulphuric Acid Solution. *Corrosion Science* 53, 2902.
- El-Haddad M. N. (2013). Chitosan as a Green Inhibitor for Copper Corrosion in Acidic Medium. *International Journal of Biological Macromolecules* 55, 142– 149.
- Erlina, D.L., dan Budi, S.U. (2010). Pemantauan Kandungan Ortofosfat sebagai Parameter Uji Pengoperasian Sistem Injeksi Inhibitor Korosi (PAQ 2) pada Sistem Pendingin Sekunder RSG-G.A.Siwabessy. *Seminar Nasional Kimia VI SDM Teknologi Nuklir* (pp. 671-678). Yogyakarta: Pusat Reaktor SERBA Guna-BATAN.
- Fajar, W. P. (2008). Sintesis dan Karakterisasi Senyawa Organotin (IV) Karboksilat: trimetil timah N-maleoilglisinat. Skripsi. Jurusan Kimia FMIPA-UI.
- Febrianto, S., dan Satmoko, A. (1998). Pengaruh Inhibitor Borat dan Fosfat terhadap Laju Korosi Material SS 321 dan Incoloy 800 dalam Larutan Klorida Secara Potensiodynamik. *Prosiding Presentasi Ilmiah Teknologi Keselamatan Reaktor-III*. Serpong: PPTKR-BATAN
- Febrianto, G. R. S., dan Butarbutar, S. L. (2010). Analisis Laju Korosi dengan Penambahan Inhibitor Korosi pada Pipa Sekunder Reaktor RSG-GAS. *Seminar Nasional VI SDM Teknologi Nuklir* (pp.615-620). Yogyakarta: PTRKN-BATAN
- Galić, K., Pavić, M., dan Ciković, N. (1994). The Effect of Inhibitors on the Korosion of Tin in Sodium Chloride Solution. *Corrosion science*, 36(5), 785-795.



Gunaatmaja, A. (2011). Pengaruh Waktu Perendaman Terhadap Laju Korosi pada Baja Karbon Rendah dengan Penambahan Ekstrak Ubi Ungu sebagai Inhibitor Organik dilingkungan NaCl 3,5%. Skripsi. Departemen Metalurgi dan Material FT-UI.

Hakim, A. A. (2011). Pengaruh Inhibitor Korosi Berbasiskan Senyawa Fenolik untuk Proteksi Pipa Baja Karbon pada Lingkungan 0.5, 1.5, 2.5, 3.5 % NaCl yang Mengandung Gas CO<sub>2</sub>. Skripsi. Departemen Metalurgi dan Material FT-UI

Hardiansyah, P., dan Supomo, H. (2012). Pengaruh Metode Pemanasan Line Heating pada Proses Pembentukan Badan Kapal terhadap Laju Korosi. *Jurnal Teknik ITS*, 1(1), G16-G19.

Harmami. (2015). Pemanfaatan Kitosan sebagai Inhibitor Korosi Kaleng Makanan. *Seminar Nasional Kimia dan Pendidikan Kimia VII*. Surakarta: Program Studi Pendidikan Kimia Jurusan P.MIPA FKIP UNS.

Haryono, G., Sugiarto, B., Farid, H., dan Tanoto, Y. (2010). Ekstrak Bahan Alam Sebagai Inhibitor Korosi. In *Prosiding Seminar Nasional Teknik Kimia "Kejuangan" Pengembangan Teknologi Kimia untuk Pengolahan Sumber Daya Alam Indonesia* (pp. 1-6). Yogyakarta: Jurusan Teknik Kimia FTI UPN "Veteran".

Holmberg, K., dan Matthews, A. (2010). *Coating Tribology- Properties, Mechanisms, Techniques, and Applications in surface Engineering. Second Edition*. UK: The University of Sheffield.

Inoue, H. (1996). How to Use Potential-pH Equilibrium Diagram. *Corrosion Engineering*, 45, 12, 811.



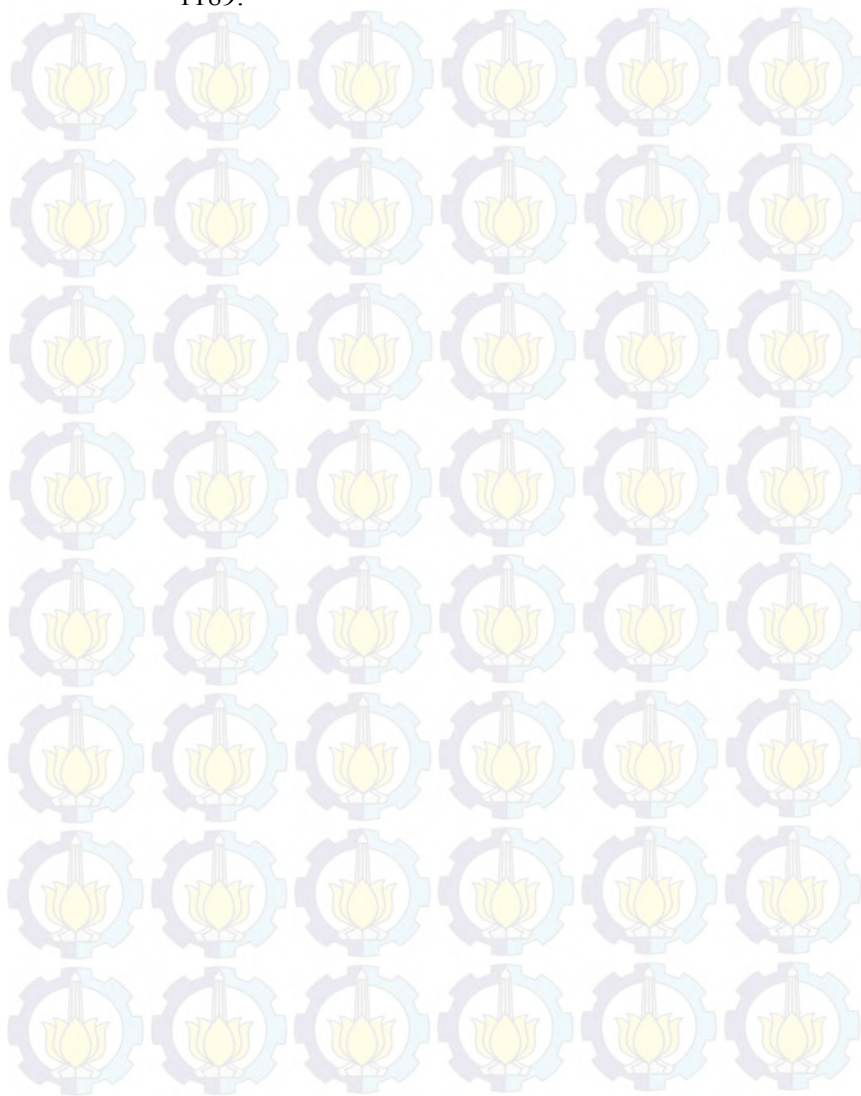
- Johnson, J. T., Iwang, E. U., Hemen, J. T., Odey, M. O., Efiong, E. E., dan Eteng, O. E. (2012). Evaluation of anti-nutrient contents of watermelon *Citrullus lanatus*. *Ann Biol Res*, 3(11), 5145-5150.
- Jones, D. A. (1996). *Principles and Prevention of Korosion*. 2nd ed. New Jersey: Prentice-Hall, Inc.
- Karim, A. A., dan Yusuf, Z. A. (2012). Analisa Pengaruh Penambahan Inhibitor Kalsium Karbonat dan Tapioka terhadap Tingkat Laju Korosi pada Pelat Baja Tangki Ballast Air Laut. *Jurnal Riset Teknologi Kelautan*, 10(2).
- Ketut, N. K., Deana W., Sadijah A., dan Bunbun B. (2010). Efektivitas Asam Glutamat sebagai Inhibitor Korosi pada Baja Karbon dalam Larutan NaCl 1%. *Jurnal Matematika dan Sains*, April, Vol. 15 Nomor 1
- Martins, J. I. (2012). Korosion Problems in Tinsplate Cans for Storing Contact Glues for Shoes. *Engineering Failure Analysis*, 26, 258-265.
- Mc Cafferty, E. (2005). Validation of Korosion Rates Measured by the Tafel Extrapolation Method. *Corrosion Science*. 47: 3202-3212
- Morgan, E. (1985). *Tinsplate and Modern Canmaking Technology*. England: Pergamon Press, Oxford OX3 0BW,
- Mourya, P., Sitashree B., dan Singh M.M. (2014). Corrosion Inhibition of Mild Steel in Acidic Solution by *Tagetes Erecta* (Marigold Flower) Extract as a Green Inhibitor. *Corrosion Science* 85: 352–363

- Nagase, M., Morimitsu, M., dan Matsunaga, M. (2003). *Rapid Korosion of Tinplate used as Fruit Cans*. Japan: The Electrochemical Society, Inc
- Nugroho, A. (2011). Pengaruh Penambahan Inhibitor Organik Ekstrak Ubi Ungu terhadap Laju Korosi pada Material Baja Low Carbon di Lingkungan NaCl 3,5 %. Skripsi. Departemen Metalurgi dan Material FT-UI.
- Odewunmi, N. A., Umoren, S. A., dan Gasem, Z. M. (2014). Utilization of Watermelon Rind Extract as a Green Korosion Inhibitor for Mild Steel in Acidic Media. *Journal of Industrial and Engineering Chemistry*, 21, 239-247.
- Odewunmi, N. A., Umoren, S. A., dan Gasem, Z. M. (2014). Watermelon Waste Products as Green Korosion Inhibitors for Mild Steel in HCl Solution. *Journal of Environmental Chemical Engineering*, 3(1), 286-296.
- Odewunmi, N. A., Umoren, S. A., Gasem, Z. M., Ganiyu, S. A., dan Muhammad, Q. (2015). L-Citrulline: An active corrosion inhibitor component of watermelon rind extract for mild steel in HCl medium. *Journal of the Taiwan Institute of Chemical Engineers*. 000, 1-9
- Palazhchenko, O. (2012). Pourbaix Diagrams at Elevated Temperatures~ A Study of Zn and Sn. *Doctoral dissertation, University of Ontario Institute of Technology*.
- Purawisastra, S., dan Yuniati, H. (2010). Kandungan Natrium Beberapa Jenis Sambal Kemasan serta Uji Tingkat Penerimaannya (The Sodium Content of Some Chilli Sauces and its Sensory Evaluation). *The Journal Of Nutrition And Food Research*, 33(2). 173-179

- Schonmetz, G. (1985). *Pengetahuan Bahan dalam Pengerjaan Logam*. Terjemahan Eddy D. Hardjapamekas. Bandung: Angkasa (Anggota IKAPI).
- Shreir, L., dan Jarman, R. A., (1994). *Corrosion; Metal/ Enviromental Reaction. Third Edition*. Oxford: Reed Educational and Professional Publishing Ltd.
- Sidiq, F. M. (2013). Analisa Korosi dan Pengendaliannya. *Jurnal Foundry Vol. 3 No. 1*. 25-30
- Sutrisno. (2013). Kajian Tinning (Sn Plating) dalam Dunia Industri. *Jurnal Foundry Program Studi Teknik Mesin Politeknik Surakarta Vol. 3 No. 1*. 19-24
- Trethewey, K. R., dan Chamberlain, J. (1991). *Korosi untuk Mahasiswa Sains dan Rekayasa*. Jakarta: Gramedia Pustaka Utama.
- Uhlig, H.H. (1985). *Corrosion and Corrosion Control*. USA: Jhon Wiley dan Sons.inc.
- Wani, A. A., Sogi, D. S., Singh, P., dan Shivhare, U. S. (2011). Characterization and functional properties of watermelon (*Citrullus lanatus*) seed protein isolates and salt assisted protein concentrates. *Food science and biotechnology*, 20(4), 877-887.
- Xia, D.H., Song, S.Z., Wang, J.H., BI, H.C., Jiang, Y.X. dan Han, Z.W., (2012). Corrosion Behavior of Tinplate in NaCl Solution. *Transactions of Nonferrous Metals Society of China*, 22(3), 717-724.
- Zheng, Y. G., Luo, S. Z., dan Ke, W. (2008). Cavitation erosion–corrosion behaviour of CrMnB stainless overlay and 0Cr13Ni5Mo stainless steel in 0.5 M NaCl and 0.5 M



HCI solutions. *Tribology International*, 41(12), 1181-1189.





## BIOGRAFI PENULIS



Penulis dilahirkan di Ponorogo pada tanggal 04 Maret 1994, dengan nama lengkap Fitria Ratnasari. Penulis adalah anak kedua dari pasangan Bapak Misnawan dan Ibu Pinarti dengan satu orang kakak Dedi Utomo. Pendidikan yang telah ditempuh oleh penulis yaitu TK bustanul atfal Nglumpang, SD Negeri 1 Nglumpang, SMP Negeri 1 Mlarak dan SMA Negeri 3 Ponorogo. Setelah lulus SMA, penulis diterima di jurusan Kimia Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya melalui jalur Bidik Misi pada tahun 2012 dengan NRP. 1412 100 066. Selama di jurusan KIMIA ITS penulis pernah aktif dalam Himpunan Mahasiswa Kimia (HIMKA) sebagai Sekretaris departemen ekonomi periode 2014-2015, selain itu penulis juga pernah menempuh kerja praktik dipusat penelitian kimia LIPI Bandung periode Juli 2015. Pada tahun 2015 penulis juga mendapatkan beasiswa VDMS (Van Deventer-Maas Stichting). Di jurusan ini, penulis mengambil tugas akhir di bidang Instrumentasi dan Sains Analitik dengan dosen pembimbing Dra. Harmami MS dan Dra Ita Ulfin M.Si. Penulis dapat dihubungi melalui e-mail [fitria.ratnasari0482@gmail.com](mailto:fitria.ratnasari0482@gmail.com).